الحقيقة والخيال

تأليف: اسحق أسيموف
ترجمة: الدكتور محمد جمال الدين الفندي
الدكتور جابر عبد الحميد جابر

دار المعارف بمصر

إهــــــــداء ٢٠٠٨

الدكتور/ محمد عبد القادر محمود
جمهورية مصر العربية

الحقيقة والخيال

نشر هذا الكتاب بالاشتراك

مع

مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر

القاهرة — نيويورك

مايو سنة ١٩٦٥

الحقيقة والخيال

تأليف

إسحق أسيموف

ترجمة

الدكتور محمد جمال الدين الفندى　　　الدكتور جابر عبد الحميد جابر



دار المعارف بمصر

١٩٦٥

ملتزم الطبع والنشر : دار المعارف بمصر – ١١١٩ كورنيش النيل – القاهرة ج . ع . م.

المشتركون فى هذا الكتاب

المؤلف :

إسحق آسيموف :

ولد إسحق آسيموف فى روسيا سنة ١٩٢٠ وحصل على الجنسية الأمريكية سنة ١٩٢٨ . وهو أحد علماء الكيمياء الحيوية ومن أشهر كتاب القصص العلمى فى أمريكا .

وقد حصل آسيموف على درجات البكالوريوس والماجستير والدكتوراه فى العلوم من جامعة كولومبيا بمدينة نيويورك . وعمل كيميائياً فى البحرية الأمريكية خلال الحرب العالمية الثانية حيث قام بتجارب كثيرة . ومنذ سنة ١٩٤٩ وآسيموف عضو فى هيئة التدريس بمدرسة الطب بجامعة بوسطن .

المترجمان :

الدكتور محمد جمال الدين الفندى (وقد قام بترجمة الأجزاء الثلاثة الأولى وعلق عليها) .

أستاذ الطبيعة الجوية بكلية العلوم بجامعة القاهرة . حصل على بكالوريوس الطبيعة مع مرتبة الشرف الأولى من جامعة القاهرة ، وعلى دبلوم معهد الأرصاد الجوية من لندن سنة ١٩٣٨ ، كما حصل على

درجة الدكتوراه فى فلسفة العلوم سنة ١٩٤٦ . نال جائزة الدولة فى العلوم سنتى ١٩٤٧ ، ١٩٥٠ . له أكثر من ٢١ بحثاً ومؤلفاً بالإنجليزية وله مؤلفات عديدة بالعربية فى موضوع العلوم المبسطة منها « الصعود إلى المريخ » و « الغبار الذرى » و « قوى الطبيعة فى خدمتك » و « طبيعيات الجو وظواهره » و « قصة الكون » و « التنبؤ بفيضان النيل » .

ترجم كتاب « سكان السموات » وكتاب « رواد الصواريخ » وكتاب « قصة الفيزياء » واشترك فى ترجمة كتاب « حصاد الفكر » وهى من الكتب التى نشرتها مؤسسة فرانكلين .

الدكتور جابر عبد الحميد جابر (وقد قام بترجمة الجزء الرابع)

مدرس بكلية التربية جامعة عين شمس

درس فى كلية الآداب بجامعة الإسكندرية وتخرج فيها عام١٩٥١ ، ودرس بمعهد التربية ثم بجامعة شيكاغو من عام ١٩٥٧ إلى ١٩٦١ حتى حصل على دكتوراه الفلسفة فى علم النفس التربوى .

اشتغل مدرساً بالمدارس الثانوية بالقاهرة ثم بكلية المعلمين .

اشترك فى ترجمة عديد من الكتب منها : نمو الشخصية لجوردون ألبورت ، والتشخيص والعلاج فى تدريس الحساب .

له مؤلفات : من بينها النمو النفسى والتكيف الاجتماعى وكتاب « علم النفس التعليمى والصحة النفسية » .

مصمم الغلاف : أحمد محمد منيب

محتويات الكتاب

الصفحة

مقدمة المؤلف

الحقائق الرتيبة المملة "أم" الخيال ومصدره . وما أكثر الأكاذيب التي قيلت لصنع قصة جيدة ، لا لرغبة فى تجنب عقاب ، أو ميل إلى إحراز ثقة لا تستحق ، أو جرى وراء تحقيق غاية . والقصة التي تتكرر كثيراً وبغير حد تنمو وتتزايد لما يتجمع حولها من تفاصيل زائفة . فيصبح الصيد الذى كاد المرء يقتنصه أكثر خطراً وأهمية ، وتمسى معارضة الرئيس ونقض حججه أشد مرارة . ويزداد الفزع حدة ، ويضيق المهرب.

محظوظ ذلك الإنسان الذى تتيح له مهنته أن يكذب فى حرية وأن يسمى أكاذيبه قصة . وإذا أجاد الكذب ومهر فى استصراخ الإنسانية ، والكشف عن خباياها لنفسها فقد يحقق الخلود ويحظى بامتنان البشرية الأبدى ، بدلا من أن يلقى التهكم والازدراء الذى يتسم بنفاد الصبر ، وهو الجزاء الذى نألفه لمن يكذب .

وعلى العكس من ذلك ما أتعس حظ ذلك الإنسان الذى يجد نفسه يكتب فى ميدان مكرس للحقيقة بدرجة كبيرة ، ومع ما تتسم به الحقيقة من رتابة وإملال إلا أن أقل انحراف عنها فى لحظة من لحظات الإهمال ، يعرضه لنظرات منزعجة .

إلى أى ميدان يمكن أن أوجه حديثى ، سوى ميدان العلم ، فالعلم

هو رسول الحقيقة كما نراها الآن ولكنه مبعوث جامد بارد . وهو ينادى : الحقائق أيها السادة ، ولا شيء غير الحقائق ؛ لأن العيون المدققة تراقبنا عن كثب وبعناية .

وأنا أدعوكم إذن لتشهدوا ما أجده من صعوبة شديدة حادة فى كتابة العلم ؛ وقد بدأت مهنتى فى الكتابة ، بوضع القصص الخيالية ، فكتبت خلال عشرين عاماً ما يزيد على مائة قصيرة ، يضاف إليها اثنتا عشرة رواية أو تزيد . ولقد نمت غريزة التنميق لدىّ نمواً كبيراً إلى درجة يمكن أن أسميها تضخماً بحيث إنها ترتعد متوجعة عند لقاء أول طريق طويل مضن ينذر بمنهج يقوم على الحقيقة المملة الرتيبة .

وينبغى أن تكون هناك أرض وسط بين الحقائق الكاملة بما لها من أقدام راسخة ، وصلابة ؛ والكذب التام ذى الألوان القزحية والشفافية والرقة التى تمكنه من الانفلات ليمضى فى طريقه عبر الأثير .

لقد قيل لى إن العلم ساحر كثير المخاطرة ، وإنه يحمل علامة مضيئة مشتعلة لجميع الرواد العظماء وإن العقل الإنسانى يواجه بحر المجهول المظلم ولجته اللانهائية التى تسد عليه منافذ الهرب وتحدق به . وأنا أعرف ذلك حق المعرفة .

وليست هناك متعة فى كتابة العلم بالنسبة إلىّ ، إذا لم أستطع أن أبذل جهداً لاصطياد الضباب والألوان القزحية الجذابة التى تنتمى إلى الحقائق المخطوفة من عماء الجهل ، أكثر من انتمائها إلى أكاذيب واهية .

ولا أستطيع أن أفكر فى كلمة أفضل تعبر عن ضباب الحقيقة من كلمة الخيال .

إن ما يفصل القمر عن الأرض وعن الشمس من مسافات ، وأحجام هذه الأجسام الثلاثة وحركاتها حقائق . غير أن استنباط منظر احتجاب الشمس بالأرض أو كسوفها كما يرى من القمر لا يعتبر كذبًا ، ولو أن هذا المنظر لم تقع عليه عين إنسان بعد . وكون هذه حقيقة أساسية خافية ، لم يكشفها أحد بعد بتمامها ، يجعلها أكثر سحراً وجاذبية عن أى كذبة . وهى محض خيال .

والمجموعة الشمسية مكونة من تسعة كواكب سيارة أساسية معروفة ، وهذه حقيقة . وقد يكتشف كوكب عاشر فضلا عما نعرف منها الآن ، وإذا حدث هذا ، فإن من الممكن استنباط حقائق معينة على أساس ما نعرف من قبل عن النظام الشمسى ، وهذا خيال .

ومن الممكن أن يكون هناك كواكب سيارة ، ثلجية تحيط بالشمس بعيداً فى الفضاء ، بحيث يتقلص النظام الشمسى الذى نعرفه اليوم إزاءها ويتضاءل ويصبح مجرد نقطة إذا قورن بما يحيط به . وربما يبرز هذا إلى الوجود بمعدل بالغ البطء ، وأن يختفى بنفس البطء أيضاً . ولقد رأى الإنسان النجوم البعيدة تنفجر ويزداد لمعانها وبريقها ازدياداً هائلا ، ولكنه لم ير كوكبًا مجاوراً له يفعل هذا . ويزداد فى لمعانه وضوئه بحيث ينافس شمسنا لفترة تستمر عدة أسابيع . فرؤية ذلك تتحقق عن طريق الخيال الذى يتسع لأعاجيب أخرى لا نهائية . وفن الكذب لا يمكن

أن يمس شيئاً عظيماً كهذا .

وهكذا أخرج من مأزقى ، لأن صفحات مجلة الخيال والعلم الخيالى Magazine of Fantasy and Science Fiction ترحب بكتاباتى وتفسح المجال لها ، وذلك تحت إشراف رئيس تحريرها الصديق « روبرت ميلز » ودون أن تفرض عليها قيوداً أو رقابة ، (فأعمل على صياغة الحقائق قدر استطاعتى بحيث تناسب أجنحة الخيال الرقيقة الخفيفة ثم أطلقها لتطير) .

وقد نشرت المجموعة التالية من المقالات فى صفحات هذه المجلة باستثناء مقال واحد . ويسرنى أن يجد القراء فى قراءتها بعض ما وجدته من متعة فى كتابتها .

الجزء الأول

الأرض وما بعدها

١ ـ عنق زجاجة الحياة

الأشرار ، أو أهل السوء والضرر ، هم حيث تجدهم ، ولقد عثر الخيال على أفراد ضخام منهم دون شك . وتدخل ضمن هذه القائمة الشموس المتفجرة والغزاة من أهل المريخ . ولقد وقعت الحياة الواقعية فى السنين الأخيرة على فئة من الأشرار بالفعل كانت تبدو أكثر الأشياء قربًا من الخيال والوهم منذ فترة وجيزة من الزمان . ومثل ذلك القنابل النووية والطاقيتان القطبيتان الآخذتان فى الذوبان .

ولكن هناك دائمًا بعض الإضافات التى تحدث كلما نظرنا على أبعاد أو آفاق كافية على غرار شبكة المجارى . وكاسحة الفضلات الحديثة التى تحت تصرفنا .

والآن دعنى أشرح لك ذلك .

لنبدأ قبل كل شىء بالمحيط ، مهد جميع الكائنات الحية ومنبتها الأصلى ، فلقد نشأت الحياة من مواده منذ بضعة بلايين مضت من السنين ، واستخدمت فى سبيل ذلك جميع أنواع الذرات المختلفة التى حواها المحيط ، رغم أنه كان عليها إلى حد ما أن تعمد إلى تغيير النسب وتبديلها .

فمثلا يتكون معظم المحيط من الماء ، وهذا هو الحال كذلك مع

أنسجة الكائنات الحية . وتبلغ نسبة المياه فى المحيط ٩٧ فى المائة من حيث الوزن ، بينما هى تبلغ فى الكائنات الحية البحرية نحواً من ٨٠ فى المائة على وجه العموم .

ومهما يكن من شىء فإن هذه المقارنة ليست سليمة تماماً ، فإن الجزىء من الماء إنما يتكون من ذرتين من الأيدروجين مع ذرة أوكسجين واحدة . وفى المحيط لا توجد مادة غير الماء فحسب يمكن أن نتحدث عنها من حيث احتواؤها على هاتين الذرتين بالذات . أما فى المادة الحية على أية حال فإن كلا من الأيدروجين والأوكسيجين يوجدان فى كثير من الجزئيات التى تكون هذه المادة إلى جانب الماء . ولكن المصدر الأصلى لهذا الأيدروجين والأوكسيجين هو الماء أيضاً . وعلى ذلك فإن علينا أن ندخل فى الحساب هذا « الأيدرجين والأوكسيجين الذى لا يكون الماء فى الأحياء » .

ولكى نحصل على منظر شامل أقرب إلى الصواب ، دعنا نحسب النسبة من حيث الوزن لكل نوع من أنواع الذرات التى تدخل فى تكوين الأجسام والبحار معاً ، فإن فى مقدورنا أن ننجز هذا الحساب بالنسبة للمحيط ، وكذلك بالنسبة إلى الحشرات ذوات الأقدام المجدافية (كوبيبود) التى تكون قشرة رقيقة من قاع المحيط ، والتى هى من أكثر الأنواع شيوعاً من بين كائنات المحيط الزاخر بالحياة . ويبين الجدول رقم (١) نتيجة هذا الحساب .

جدول رقم (١)

	النسبة المئوية لمكونات المحيط	النسبة المئوية للكوبيبود	معامل التركيز
أوكسيجين	٨٥,٨٩	٧٩,٩٩	٠,٩٣
أيدروجين	١٠,٨٢	١٠,٢١	٠,٩٤
كل ما هو غير ذلك	٣,٢٩	٩,٨٠	٣,٣٥

فمثلا يوجد كل من الأوكسيجين والأيدروجين بنسب مئوية أقل داخل الأنسجة عنها فى المحيط ، ولهذا السبب نجد أن معامل التركيز لكل منهما أقل من الواحد الصحيح ، على النحو الموضح فى الجدول . ولكى نحول ١٠٠ رطل من ماء المحيط (يحتوى على ٩٦,٧١ رطلا من الأوكسيجين والأيدروجين) إلى ١٠٠ رطل من الكوبيبود[1] — (الذى يحتوى على ٩٢,٢٠ رطلا من الأيدروجين والأوكسيجين) علينا أن نتخلص من ٦,٥١ أرطال من الأيدروجين والأوكسيجين معًا .

وعندما يكون معامل التركيز لأية مادة أقل من الواحد الصحيح فإن هذا إنما يعنى أن تلك المادة بالذات لا يمكن أن تكون حدًّا نهائيًّا لتكاثر الكائنات الحية ، ولو من حيث الوضع على الأقل . وستكون مشكلة الحياة التخلص منها دائمًا ، بدلا من جمعها .

(١) الكوبيبود Copepod أى مجموعة من المواد القشرية الصغيرة التى تعيش فى البحار والمياه العذبة (ويبستر) ص ٣٢٥ .

ومن حيث « كل ما عدا ذلك من المواد » نجد أن الوضع ينعكس ، فهنا تحتوى الـ ١٠٠ رطل من الكوبيبود على ٩٫٨٠ أرطال من « كل ما عدا ذلك » ، بينما ١٠٠ رطل من ماء المحيط — الذى يتكون منه الكوبيبود — يحتوى على ٣٫٢٩ أرطال فقط . وعلى ذلك فإن علينا أن نستهلك من ماء المحيط ٣٣٥ رطلا لتتضمن ٩٫٨٠ أرطال من « كل ما عدا ذلك » .

وعندما يكون معامل التركيز أكبر من الواحد الصحيح نجده يثير احتمال وجود عنق زجاجة . ومن وجهة النظر الكمالية ، كان يمكن للحياة أن تتضاعف فى المحيط حتى يتم تحويله بأجمعه إلى أنسجة حية . ولكن ما هو السر الذى يوقف عمليات تضاعف الحياة اللانهائية وغير المحدودة ؟

حسناً ، لنفترض أننا بدأنا بمقدار ٣٣٥ رطلا من ماء المحيط ، فى اللحظة التى يتم عندها تكاثر الكوبيبود إلى وزن كلى قدره ١٠٠ من الأرطال تكون قد استوعبت جميع « كل ما عدا ذلك » وأضافتها إلى أجسامها بالذات . ويبقى بعد ذلك ٢٣٥ رطلا من ماء المحيط . إلا أنه ماء نقى ولا سبيل إلى تحوله إلى كوبيبود .

وكلما عظمت قيمة معامل التركيز كان الوصول إلى تلك النهاية أسرع وصغرت قيمة الجزء من الوسط الكلى التى يمكن أن تتحول إلى خلايا حية .

وبطبيعة الحال . لقد عمدت عن قصد إلى تبسيط الأمر عند الابتداء حتى تتضح النقطة . أما فى الواقع فإن « كل ما عدا ذلك » إنما هو كتل (أو تراكيب) من نحو عشرة عناصر مثلا ، كل عنصر منها ضرورى

للحياة ، ولا سبيل إلى الاستغناء عن أحدها .

ويوجد كل عنصر من العناصر الضرورية بكميات مختلفة في المحيط كما أن كلا منها يوجد بقدر مختلف في الأنسجة الحية ، وعلى ذلك فإن لكل منها معامل تركيزه الخاص . وبمجرد أن يتم استهلاك أحد هذه العناصر استهلاكاً كاملا يقف احتمال استمرار تضاعف الحياة بوجه عام . وتلك مرحلة يمكن فيها لنوع من أنواع الحياة أن ينمو وينتشر على حساب نوع آخر . ولكن لا سبيل إلى ازدياد القدر الكلى (للبروتوبلازم) أو المادة الحية .

والعنصر الأساسى الذى له أكبر معامل تركيز هو الذى استنفد أولا ، وهو على ذلك عنق زجاجة الحياة .

ولنعمد إذاً إلى عمل مقارنة أكثر تفصيلا بين المحيط والكوبيبود ؛ مع حذف الأيدروجين والأوكسيجين ، ودراسة « كل ما هو عدا ذلك من المواد » . ويعطينا الجدول رقم (٢) هذه المقارنة .

وفى مقدورك أن ترى أن معاملات التركيز تتغير فعلا بدرجات كبيرة جداً من عنصر إلى آخر . وهناك أربعة عناصر فقط لها معاملات تمثل النهايات العظمى بحق ، أى فوق الألف . ومن بين هذه العناصر الأربعة لا تمثل القيم المعطاة لكل من الكربون والنتروجين نهاياتهما العظمى على حقيقتها ، وذلك على أية حال ، بسبب أن المحيط ليس هو المصدر الوحيد لهذه العناصر . فهناك مثلا بعض ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء ، وهو بأكمله فى متناول الحياة فى المحيط (ومقادير ثانى أوكسيد الكربون الذى

جدول رقم (٢)

العنصر	النسبة المئوية لمكونات المحيط	النسبة المئوية لمكونات الكوبيبود	معامل التركيز
الكربون	٠٠٠٣١,	٦,١١	٢٠٠٠
الأزوت	٠٠٠٠٠٨,	١,٥٢	١٩٠٠٠
الكلور	٢,٠٤	١,٠٥	٠,٥٢
الصوديوم	١,٠٩	٠,٥٤	٠,٥٠
البوتاسيوم	٠,٠٤٢	٠,٢٩	٦,٩
الكبريت	٠,٠٩٧	٠,١٤	١,٤
الفسفور	٠,٠٠٠٠١١	٠,١٣	١٢٠٠٠
الكلسيوم	٠,٠٠٢٤	٠,٠٤	١٦,٥
المغنسيوم	٠,١٣	٠,٠٣	٠,٢٣
الحديد	٠٠٠٠٠٢,	٠,٠٠٧	٣٥٠٠
السليكون	٠,٠٠٠٤	٠,٠٠٧	١٧,٠
البروم	٠,٠٠٧٢	٠,٠٠٠٩	٠,١٢
اليود	٠,٠٠٠٠٠٥	٠,٠٠٠٢	٤٠,٠

فى الجو آخذة فى الزيادة هذه الأيام كلما أحرقنا الفحم والبترول) .

وهناك أيضاً كمية ضخمة من الأزوت فى الهواء الجوى ، تفوق ما فى المحيط ، وهى فى متناول يد الحياة فى البحار كذلك ، ولو بطريقة غير مباشرة على الأقل عن طريق البكتريا التى تعمل على تثبيت الأزوت بأن

تحول هذا الغاز الذى لا تستخدمه صور الحياة المتقدمة إلى (نترات) يمكن استخدامها .

ولهذه الأسباب لا سبيل قط إلى اعتبار أى من الكربون أو الأزوت كعنق زجاجة بإزاء التكوين الإضافى لكل المادة الحية (البروتوبلازم) ، إذ لا يوجد من كليهما إلا مقدار معين . إلا أنه قبل أن تحس أو تستشعر المادة بحاجتها إلى الكربون أو الأزوت نجد هناك نقصاً مستمراً فى أى من الحديد أو الفسفور .

وهنا نجد الفسفور أكثر حرجاً من الحديد بأربعة أضعاف . وما الكوبيبود بطبيعة الحال إلا نوع واحد من أنواع الحياة ، إلا أن هذا النظام يتبع بصفة عامة . والفسفور أعلى معاملات التركيز فهو أول عنصر يستنفد . وتستطيع الحياة أن تتكاثر حتى ينفد كل الفسفور ويستهلك ، وعند ذلك يوجد موقف لا يرحم ولا يلين ، بل ولا سبيل إلى درئه ومنعه .

وحتى هذا القدر لا يمكن أن يتم إلا تحت ظروف الطاقة الملائمة ، إذ عليه أن يأخذ من الطاقة ما يلزم لتركيز فسفور وحديد المحيطات إلى المستويات اللازمه للأنسجة الحية . ولكن ، لكى ينجز ذلك عليه أن يستنفد من الطاقة ما يلزم لطرد القدر الكافى من الكلور والصوديوم والمغنسيوم والبروم ليخفض درجات تركيزها إلى المستويات التى تتحملها الأنسجة الحية . وعليها كذلك ، أن تأخذ من الطاقة ما يفى لتحويل المركبات البسيطة ذات الطاقات المنخفضة الموجودة

فى المحيط (حتّى بعد مرحلة الوصول إلى درجات التّركيز الملائمة) إلى مركبات معقدة لها طاقات عليا تميز الأنسجة الحية .

وتستمد الطاقة اللازمة لهذه العمليات من ضوء الشمس الذى لا سبيل إلى إضعافه أو خفضه حيث يتولد . وحيثما يوجد تتكاثر خلايا النبات وتحول طاقة الإشعاع الشمسى بوساطة التكوين الضوئى إلى طاقة كيميائية للمواد العضوية (الكاربوهيدريت) والدهنيات والبروتينات وتحصل الحيوانات (التى تمثل نوعاً من الحياة يشغل جزءاً بسيطاً فقط من المقدار الكلى) على طاقتها عن طريق أكل خلايا النبات والتغير الغذائى فى خلايا مادة أنسجتها من أجل الطاقة الكيميائية التى تتضمنها .

ولكن ضوء الشمس يوجد خلال طبقة المحيط العليا التى يبلغ سمكها نحو ١٥٠ متراً فقط . ولا تخترق أشعة الشمس ما دون ذلك ، مما يحول دون نمو النباتات . وعلى ذلك فإننا نجد أنه فى المائة والخمسين متراً الأولى (أو منطقة « الإيفوتك Euphotic » المشتقة من كلمتين إغريقيتين معناهما « الضوء الجيد ») لا تكون إمدادات الطاقة ذاتها عنق زجاجة ، وتستطيع الحياة أن تتكاثر فى كل صورها حتى يتم استهلاك كل الفسفور الموجود .

وهذا هو عين ما يحدث تماماً .

ويمكن تقدير كمية الفسفور المعدنى أو غير العضوى فى طبقات المحيط السطحية بأنه لا يعدو الصفر . وتكاد تكون كمية الفسفور كلها فى هذه الطبقات عضوية ، أى إنها إما أن توجد فى الخلايا الحية وإما

فى الفضلات وأجسام الكائنات الميتة .

فالذى يحدث إذا فى منطقة انتشار الضوء « الإيفوتاك » ، هو حالة من الثبات ، إذ تعمد الأحياء من الحيوان إلى التهام أحياء النبات ، بينما تستخدم الحياة النباتية فضلات الحيوان كمصدر للفوسفور ، وتنمو لتكون بديلا أو عوضاً عن ذلك الجزء منها الذى سبق التهامه . وعلى ذلك فإن كمية الفوسفور الكلية فى حالة من الاتزان عند قمتها أو نهايتها العليا .

وتعتمد الحياة تحت المنطقة التى ينتشر فيها الضوء (الإيفوتاك) على وجود مطر عضوى يهطل من أعلى . وفى مستطاع الكائنات الحيوانية أن تسبح إلى أسفل منطقة الضوء هذه . (كما يمكن أن ترغم خلايا النبات على الهبوط تحت تأثير التيارات المائية غير المواتية) وهناك يمكن أن تلتهمها كائنات تعيش بانتظام فى الطبقات التى تلى منطقة الضوء .

وثمة ناحية أخرى . فإن أجسام الأحياء الميتة تهبط إلى أسفل ، حيث تزدردها الأحياء التى على أعماق أكبر فى المحيط (لاحظ أنه لا توجد حياة نباتية تحت منطقة الإيفوتاك) ، وهذه بدورها تمثل بعد موتها رذاذاً مستمراً ينحدر بصفة دائمة إلى أسفل ليصل إلى أعماق أكبر وأكبر . وفى النهاية يمثل هذا الرذاذ المتجدد على الدوام الدعامة التى تعتمد عليها جميع الأحياء حتى قاع المحيط .

وتحت منطقة (الإيفوتاك) نجد أن الذى يقع فى عنق الزجاجة هو الطاقة وليس الفسفور . وتكون هذه الطاقة على هيئة مركبات عضوية من الرذاذ الهابط ، مما يمكن أن تتغذى بها الحيوانات (بالإضافة إلى

التهام بعضها البعض بطبيعة الحال) ويتم تحويلها إلى طاقة . وعلى ذلك فإنه توجد تحت منطقة الضوء حياة أقل مما يلزم لاستهلاك جميع الفوسفور الموجود بتلك البيئة ، مما يجعل الفوسفور يوجد على حالته أو فى مركباته غير العضوية (الفوسفات) والذى يظل باقياً فى حياة أعماق المحيط ذاتها.

ويمثل الرذاذ العضوى نقصاً فى فسفور طبقة (الإيفوتك) نظراً لأن الأنسجة الميتة وفضلات الحيوانات تكون غنية بهذا العنصر ، فإذا لم يكن هنالك ما يعوض انتقال الفوسفور على هذا النحو من منطقة الضوء إلى الأعماق فإن من اللازم أن تتناقض كمية الحياة فى طبقة (الإيفوتك) متمشية بذلك مع التناقص فى الفسفور الموجود بها حتى تصبح فى النهاية أثراً بعد عين .

ومن حسن الحظ أنه توجد دورة مائية ما بين الأعماق وسطح المحيط . فهناك صعود للمياه الغنية بالفسفور من القاع إلى السطح وهى تعوض ما ينقص من كميات الفوسفور بالرذاذ العضوى المتساقط إلى أسفل . ويبلغ هذا التصاعد أقصى درجاته فى المياه الباردة كما هو الحال فى المحيط المتجمد الجنوبى وشمال الأطلسى ، حيث يغوص الماء البارد الثقيل الذى عند السطح ليحل محله ماء منبثق من الأعماق . وهنا بطبيعة الحال تكون طبقة (الإيفوتك) أغنى ما يمكن من حيث ما تحتوى عليه من الفوسفور ، وبذلك تستطيع أن تعتمد عليها الحياة فى أكبر درجات تركيزها . (ولهذا السبب تتواجد الحيتان الضخمة الجبارة التى تتطلب من أجل بقائها كميات وفيرة من الغذاء فى مناطق المتجمد الجنوبى وشمال الأطلسى فهى ليست غبية).

ومن ناحية أخرى نجد أن المياه الدافئة الخفيفة التى تعطى المساحات الساخنة من الأرض تبقى طافية على السطح ولا تحل محلها بصفة مباشرة المياه الأكثر برودة وكثافة الموجودة بالأعماق . ومن اللازم أن تعتمد هذه المياه على التيارات السطحية المقبلة من المناطق الباردة فى الشمال والجنوب لكى تجدد فسفورها . ولكن هذا المدد الثانى من الفوسفور يستهلك فعلا بأنواع الحياة التى تسبق بالوصول إليه . ولهذا نجد أن الحياة فى المناطق الاستوائية من المحيط أقل إثراء من الحياة فى المناطق الباردة . وفى أجزاء المحيط الدافئة المغلقة التى تحيط بها الأرض من كل جانب ، مثل البحر المتوسط ، تلك الأرجاء التى لا تصل إليها نسبياً إمدادات الفوسفور ، حتى ولا عن طريق التيارات السطحية الباردة ، تكون الحياة فى البحر أكثر شحة وأقل إثراء كذلك .

وعلى وجه العموم . فبالرغم من أن هناك توازناً فى كل مكان فى المحيط ، فإن تركيز الفوسفور ، الذى هو عنق زجاجة الحياة ، هو بصفة عامة كذلك الذى يملى طبيعة هذا الاتزان .

وللموقف بالنسبة للحياة التى تعتمد على اليابس بعض النقاط الهامة المثيرة . فالحياة على الأرض جاءت متأخرة ، وهى لا تزال ، من حيث الكم ، تقل كثيراً عن الحياة فى المحيط ، فإن ما يقرب من ٨٥ فى المائة من جميع أنواع المادة الحية إنما تعيش فى الماء ، بينما لا يزيد ما يعيش منها على اليابس على نحو ١٥ فى المائة فقط . ونحن لا نعطى البيئة اليابسة كل هذا الاهتمام والقدر إلا لمجرد أن الإنسان يعيش فيها .

وعلى الأرض ، كما ننتظر من أنواع الحياة التى نشأت أصــلا فى البحر ، نجد أن عنق الزجاجة الحقيقى هو الماء نفسه ، الذى لم يعد يحيط بتلك الأنواع من الحياة ويغذيها . ولقد قلت الحياة على الأرض تبعاً لذلك من استخدامها للأيدروجين والأوكسيجين . فبينما نجد أن الأيدروجين والأوكسيجين معاً يكونان نحو ٩٠ فى المائة من الكوبيبرد ، إذا بهما لا يكونان معاً إلا نحو ٨٦ فى المائة من أى نبات أرضى مثل كلأ (الفالفا) . و ٧٢ فى المائة فقط من أى دابة أرضية مثل الإنسان . وليس النقص ظاهراً تماماً على أية حال . وإذا ما أصاب مكاناً ما نقص من الماء تقل أنواع الأحياء فيه بصرف النظر عن عناصر التربة .

وعندما نسلم بالحاجة إلى الماء علينا أن نفكر بعد ذلك فى عنق الزجاجة الناجم عن العناصر الأخرى غير الأيدروجين والأوكسيجين . ولنفس السبب الذى سبق علينا أن نحذف الكربون والأزوت على الأرض كما حذفناهما من المحيط . فهناك المزيد من إمدادات الجو من النتروجين أو الأزوت ، ويرجع الفضل فى ذلك إلى بكتريا تثبيت الأزوت ، أما الكربون فإنه يستخلص من ثانى أوكسيد الكربون الجوى .

وبهذا تبقى العناصر الخارجة عن الأيدروجين والأوكسيجين والكربون والأزوت . وعندما نترك هذه العناصر الأربعة جانباً يكون من اللازم أن تشتق العناصر الأخرى كلها من التربة فى النهاية ، وهى ممثلة فى الجدول رقم (٣) الذى يعطينا مقارنة بين النسبة المئوية لتركيب قشرة الأرض وأحد الأمثلة لحياة نباتية أرضية على غرار (الفالفا) . (تسود الحياة النباتية على

جدول رقم (٣)

العنصر	النسبة المئوية لتركيز التربة	النسبة المئوية لتركيز الفالفا	معامل التركيز
الفسفور	٠,١٢	٠,٧٠٦	٥,٩
الكلسيوم	٣,٦٣	٠,٥٨	٠,١٦
البوتاسيوم	٠,٥٩	٠,١٧	٠,٠٦٦
الكبريت	٠,٠٥٢	٠,١٠٤	٢,٠
المغنسيوم	٢,٠٩	٠,٠٨٢	٠,٠٣٩
الكلور	٠,٠٤٨	٠,٠٧٠	١,٥
الحديد	٥,٠٠	٠,٠٠٢٧	٠,٠٠٠٥
البورون	٠,٠٠١٠	٠,٠٠٠٧	٠,٧٠
المنجنيز	٠,١٠	٠,٠٠٠٣٦	٠,٠٠٣٦
الزنك	٠,٠٠٨٠	٠,٠٠٠٣٥	٠,٠٤٤
النحاس	٠,٠٠٧٠	٠,٠٠٠٢٥	٠,٠٣٦
الموليبدنم	٠,٠٠٠٢٣	٠,٠٠٠١٠	٠,٤٣
اليود	٠,٠٠٠٠٣	٠,٠٠٠٠٠٢٥	٠,٠٨
الكوبلت	٠,٠٠٤٠	٠,٠٠٠٠٠١٠	٠,٠٠٠٢٥

الأرض ، كما هو الحال فى البحر ، من حيث الكم . كما تعتمد عليها الحياة الحيوانية إلى حد كبير . ومهما كان نوع العنصر الذى يعطى عنق زجاجة الحياة للنبات فإن هذا العنصر يكون كذلك ، عنق حياة الحيوان).

وفى بعض الحالات لا تكون معاملات التركيز المعطاة فى الجدول رقم (٣) جيدة على النحو الذى تبدو عليه . وعندما نقارنها بالقيم التى فى الجدول رقم (٢) يتضح أنها تفوقها . فالتربة تزداد فيها درجات تركيز العناصر الأساسية المختلفة إلى حد كبير بالنسبة إلى المحيط مما يستلزم أن تبذ الحياة على اليابس ما هو كائن فى البحر إلى حد بعيد

وعلى أية حال فإن الحقيقة والواقع هى أن العناصر الداخلة ضمن المعادن الصلبة لا فائدة منها للحياة النباتية ، كما أنها ليست فى متناول يدها ، وكذلك فى النهاية بالنسبة إلى الحياة الحيوانية . فالنبات إنما يعيش على المواد التى يمكنه استخداجها من محلولات المياه الموجودة فى التربة .

ولما كانت معادن التربة غير قابلة للذوبان على وجه عام ، فإننا نجد أن المحلول المائى يكون مخففاً إلى حد كبير ، مما يجعل معاملات التركيز كبيرة جداً فى الواقع ، وهذا هو أحد الأسباب التى تجعل الحياة المعتمدة على اليابس قليلة فى واقع الأمر بالنسبة إلى حياة البحر على الرغم من الكبر الظاهرى لتركيز المعادن على الأرض بالنسبة إلى البحر .

وزيادة على ذلك فإن توزيع المادة فى التربة لا يتم بالتساوى ، فقد توجد فى إحدى المناطق كميات فائضة من الزنك مثلا أو النحاس بسبب بعض الترسبات المحلية . بينما تفتقر منطقة مجاورة لكل منها وتحتوى أخرى على المزيد منهما مما يجعلها سامة . ومن الممكن أن يمثل أى عنصر عنق زجاجة بالنسبة إلى الحياة ، وهذا من الأسباب التى تدعو إلى جعل جزء من الأرض أقل خصباً من جزء آخر رغم توفر الشمس والمطر .

ولكى نلتزم جانب الدقة نجد أن هناك عاملا على جانب كبير من البطء يعمل على تجانس عناصر الأرض على مر الأحقاب . بأن يجلب مختلف العناصر من قمم الجبال وأعاليها إلى الوديان ، وسط تشابك المواد وحفر الأنهر الجليدية ومرتفعات الجبال . وبمضى الوقت الكافى إذا لا يهم أمر النقص المحلى أو الزيادة فى المواد . ويتمخض واقع الأمر عن أن العامل المهم هو معامل التركيز . وهناك على الأرض . كما هو الحال فى البحر . يكون الفوسفور عنق الزجاجة .

وبطبيعة الحال يستطيع الإنسان أن يشارك فى ذلك . فى مقدوره ، بسبب الحدود التى فرضتها الفنون والعلوم . أن يقاوم النقص دون أن يساير ركب العمليات الجيولوجية الطبيعية . فهو يستطيع أن ينقل الماء من الأماكن التى يتوفر فيها (مع اعتبار المحيط المصدر الرئيسى) إلى أماكن قلته وشحته . وهو يستطيع أن يفعل نفس الشيء بالنسبة للأزوت (مع اعتبار الهواء مصدراً رئيسياً له) أو الكلسيوم أو الفوسفور .

والإنسان عندما يعمل ذلك إنما يحاول إلى حد ما أن يعمل على تشابه التربة وجعلها خصبة ، وهو لا يرفع من قيمة النهاية العظمى لطاقة خصوبة الأرض ، فالذى يملى الحد الأعلى لكتلة المادة الحية (البروتوبلازم) التى يمكن أن تتحملها الأرض . مثل النهاية العظمى التى يمكن أن يتحملها البحر ، هو مقدار الفسفور الموجود . والفسفور له أعلى قيم معاملات التركيز على كل من الأرض والبحر ، وعلى ذلك فهو يكون عنق الزجاجة فى كليهما .

وكما أن هناك توقفاً فى منطقة الضوء (الإيفوتك) . فكذلك الحال على الأرض . فالمطر يتساقط . ويذيب كميات دقيقة من التربة ، وتنمو النباتات على حساب هذا المحلول . حتى يتم لها أخذ كل الفوسفور اللازم لها . وتعمد الحيوانات إلى أكل النباتات ، وهى أثناء حياتها تفرز مادة تحتوى على الفوسفور الذى يمكن أن تتغذى به الحياة النباتية وتنمو ، وبذلك نعوض القدر الذى التهمته الحيوانات منها .

وكما أن هناك رذاذاً يخرج من منطقة الضوء فى المحيط . فإننا نجد هناك من الرذاذ ما يخرج من الأرض . فإن بعض المواد التى تذاب من التربة لا تقع تحت طائل جذور النبات فلا تمتص . وتحملها مياه الصرف إلى الترع والقنوات والأنهر ثم إلى البحر .

ولا ينقل أى نهر فى أية ثانية معينة الشىء الكثير من الأرض إلى المحيط بطريقة المواد المذابة . ولكن جميع الأنهار مجتمعة تصب ٩٠٠٠ ميل مكعب من الماء فى المحيط كل سنة . وفى هذه الكمية من الماء يتضمن أى محلول مخفف جداً ويعنى الكثير من المواد المذابة .

ويعظم الخطر بسبب فقد الفسفور الذى يكون عنق زجاجة الحياة . ولقد قدر بالحساب أن نحواً من ٣٥٠٠٠٠٠ طن من الفوسفور تكسحها أو تجرفها الأنهار من الأرض إلى البحر كل عام . ولما كان الفوسفور يكون نحو واحد فى المائة من المادة الحية على وجه التقريب ، فإن هذا إنما يعنى أن النهاية العظمى لإمكانيات المادة الحية التى تعتمد على اليابس تقل كل سنة بمقدار ٠٠٠ ٠٠٠ ٣٥٠ طن .

وبطبيعة الحال ربما تكون هناك طريقة ما لإعادة النقل من البحر إلى الأرض . كما هو الحال فى المحيط . إذ يعاد نقل الفوسفور من الأعماق إلى السطح .

ويتضمن نوع من أنواع إعادة الفوسفور من البحر إلى الأرض فضلات الطيور . فإن بعض طيور البحر تعيش على الأسماك بينما هى تعيش على الأرض . وتكون فضلاتها غنية تماماً بالفوسفور (المشتق من السمك الذى يحصل عليه من المحيط) . وهكذا تغطى الأرض التى تعيش عليها هذه الطيور بأطنان الفضلات المشتقة من البحر . وهذه المادة المسماة باسم (الجوانو[1]) Guano هى سلعة لها قيمتها، لأنها من أحسن مواد السماد بسبب ما تحتوى عليه من فسفور .

ومهما يكن من شىء فإن الفوسفور المعاد إلى الأرض بهذه الطريقة إنما يمثل فقط ٣ فى المائة أو أقل من قيمة الفوسفور الذى تجرفه المياه إلى البحر ولا يعود الباقى .

وثمة ناحية أخرى . فإن الفوسفور المنجرف إلى البحر لا يبقى ذائباً فيه ، ولو أنه بقى كذلك لتضاعفت الحياة فى البحر تدريجاً بينما تتناقص الحياة على اليابس . ولكن يظل القدر الكلى للمادة الحية فى الأرض ثابتاً . ومن سوء الحظ أن المحيط يحمل فى وقتنا هذا كل ما فى طاقته من مواد الفوسفات غير القابلة للذوبان إلى حد كبير . وتترسب كميات الفوسفور المنجرفة أولا بأول إلى البحر فى قاعه على هيئة مواد رسوبية .

---

(١) Guano هى فضلات نوع من طير البحر يستعمل فى السماد ، ويبستر ص ٦٤٢ .

وبطبيعة الحال يعمل ارتفاع قاع البحر بمرور الأجيال الجيولوجية على تكوين تربة جديدة غنية بالفسفور لتبدأ دورة خصوبة الأرض من جديد . وفى الوقت الحاضر ، نجد أن وجهة النظر هذه بعيدة المدى ولا تعنينا كثيراً ، فازدياد السكان يجعلنا نتطلب زيادة فى خصوبة التربة حتى نحيا حياة سهلة ، كما أن التناقص المستمر فى الخصب يمكن أن يتمخض عن كارثة .

وعلى الأخص عندما يعمد البشر فى عزم إلى زيادة المعدل الذى يفقد به الفسفور فى البحر يظهر الضرر أو الشر الجديد الذى يتهدد البشرية . فنى جميع أرجاء الأرض المتقدمة (تزداد الأجزاء المتقدمة شيئاً فشيئاً) أصبح من العادة أن نعبث داخل الأرض ، فأنابيب المجارى المحكمة تكون شبكة تحت المدن ، وعن طريقها تضيع مياه غنية بالفسفور وتروح هباء إلى المحيط .

وعلى ذلك تتناقص خصوبة الأرض بمعدلات أسرع ، ولا يمكن تعويض هذا النقص بالصناعة الكيميائية ، وذلك لأن كميات متزايدة من أكثر المواد الكيميائية أهمية ولزوماً لنا ، وهى الفسفور ، تكون فى قاع المحيط ، ويساعد الإنسان بنفسه على هذا الوضع فى الوقت الذى لا سبيل فيه إلى إرجاعها من هناك حتى الآن .

وبطبيعة الحال إننى لا أقترح أن نعدل عن نظام المجارى أو كاسحات الفضلات ، فأنا نفسى قد تعودت المحافظة على الصحة ، تحاشياً

لانتشار أمراض على غرار التيفوئيد والكوليرا اللذين تسايران عدم المحافظة على الصحة .

ولكنى أقترح رغم ذلك أننا خلال محاولتنا للمعاونة ضد النقص الذى لا مناص منه فى الفحم ، وزيت البترول والخشب ، والفراغ أو الحيز الحيوى الذى يفصل الناس بعضهم عن بعض ، وغير ذلك من الأشياء الآخذة فى الاختفاء وهى تتراكم فى طيش كل عام . فمن الأفضل لنا أن نضيف إلى القائمة مسألة اختفاء الفسفور ونعمل ما فى وسعنا لتشجيع وحدات الصرف التى تصنع السماد من ماء المجارى بدلا من إلقائه كفضلات أو تعدين قاع المحيط .

وقد يكون فى مستطاعنا أن نستعيض بدلا من الفحم بالقوى النووية ، وبدلا من الخشب بالبلاستيك وبدلا من اللحم بالخمائر ، وبدلا من الصحبة والصداقة بالعزلة — ولكن بالنسبة إلى الفوسفور لا يوجد بديل ولا عوض .

٢ ـ أليس ثمة عصور جليدية ؟

إننا جميعاً نعرف أن الرماد ذا النشاط الإشعاعي الذى ينجم عن استخدام وحدات القوى النووية له خطورته. ويشكل موضوع التصرف فيه مسألة من اللازم تدبرها . وكم تختلف هذه الوحدات عن تلك الوحدات البديعة الوديعة . التى لا تشع ، ألا وهى وحدات حرق الفحم (أو زيت البترول) القديمة . وإنه لمن السهل علينا أن نضع أنفسنا موضع السيد فى القرن الخامس والعشرين وهو يئن حسرة على الأيام الجميلة الماضية .

ربما أن السيد فى القرن الخامس والعشرين قد يكون كذلك جالساً هناك وهو يلعن تلك الأيام الطيبة الخالية عندما يعمد إلى دفع جهازه الخاص بتكييف الهواء إلى العمل ، ويتمنى أن المفاعلات النووية بما فيها من رماد نشيط الإشعاع وكل شىء كانت سبقت وقت ظهورها ببعض الأجيال .

ويتخلف عن الفحم والبترول رماد ينطلق فى الجو ، إلا أن رماد الفحم والبترول ليس لهما أى نشاط إشعاعى على وجه التأكيد، فما هو إلا ثانى أوكسيد الكربون ، ذلك الغاز القديم الطيب الذى لا ضرر منه ، والذى يوجد فى الجو على أية حال .

وما ثانى أوكسيد الكربون إلا أحد مكونات الغلاف الهوائى الثانوية ، فلا تزيد نسبته من حيث الوزن على ٠,٠٤ فى المائة ، إلا أن هذا القدر

الضئيل يتمخض عن أعداد كبيرة عندما ندخل فى الحساب جميع أجزاء الغلاف الهوائى . فوزن جوفا يبلغ ٥,٧٠ ــ ١٠^١٥ طنا . وعلى ذلك فإن وزن ثانى الأوكسيد الموجود فى الهواء هو ٢,٢٨ ــ ١٠^١٢ طنا (أو نحو ٢¼ تريليون طن) .

ومهما يكن من شىء فإن ثانىأوكسيد الكربونهذا إنما يتعرض لعوامل هائلة من الدفع والجذب .

فمثلا نجد أن كل الحياة النباتية تعتمد فى وجودها على استهلاك ثانى أوكسيد الكربون الجوى . وباستخدام طاقة الشمس الضوئية بالإضافة إلى ذرات الإيدروجين (المستمدة من جزئيات الماء) تعمل النباتات على تحويل ثانى أوكسيد الكربون إلى (كاربوهيدريتس) أو « فحميات » ومن ثم إلى جميع الجزئيات العضوية الأخرى اللازمة لتركيب وكيمياء النبات .

اجمع كل الحياة النباتية على الأرض وفى البحر (وعلى الأخص البحر حيث يستنفد ــ الألجى ــ أو عشب البحر من الكربون ثمانية أضعاف ما تستهلكه كل النباتات فى مجموعها) تجد أن قدراً وفيراً من الغاز يتم استهلاكه . ويتغير تقدير كمية ثانى أوكسيد الكربون الذى تستنفده الحياة النباتية فى العام الواحد من ٦٠ إلى ٢٠٠ بليون طن . وحتى عندما نأخذ القيمة الصغرى فى حسابنا يتضح لنا أن ما فى الجو من ثانى أوكسيد الكربون يمكن أن ينفد فى نحو ٣٦ سنة . أما القيمة الكبرى فإنها تستهلكه فى أقل من سنة واحدة ، وعندها تصل كل أنواع الحياة إلى نهايتها .

وثمة ناحية أخرى ، فإنه بطبيعة الحال عندما يموت نبات ما فإن البكتيريا تهاجم أنسجته وتحول ما فيه من كربون إلى ثانى أوكسيد الكربون من جديد . والنباتات أثناء حياتها تكون تحت رحمة الحيوانات آكلة الكلأ التى لا تستخدم ثانى أوكسيد الكربون الجوى ولكنها تحصل على إمداداتها من الطاقة بهدم ما بناه النبات . وهى تكون ثانى أوكسيد الكربون نتيجة للعمليات الحيوية فيها ثم تعيده مع هواء الزفير إلى الجو .

ولهذا فإن هناك دورة لثانى أوكسيد الكربون ، إذ تستخدمه النباتات بينما تكونه من جديد الحيوانات والبكتريا . ولو أن الحيوانات احتفظت بكميات متزايدة منه إلى حين لانتهت حياة النبات بمعدل سريع جداً . ولتبع ذلك هلاك العديد من الحيوانات لتتيح للنبات فرصة الانتعاش . فإذا ما زاد انتعاشه إلى حد كبير تتكاثر الحيوانات وتتضاعف فى البيئة الخصبة وتقطع النباتات مرة أخرى . وعلى ذلك فهناك ذبذبات ثانوية تصل معدلاتها (إذا لم تسمح الظروف قط بالانحراف بعيداً جداً فى ناحية من النواحى) إلى اتزان تام فى النهاية .

وأقول : ليس الاتزان كاملا . فهناك تسربات أو فلتات فى كل من الاتجاهين .

فمثلا لا تستهلك البكتيريا بعض أنسجة النبات الميت . بل يغطيها الطين والرواسب وتحتبس تحت الأرض ، حيث تتخلص المادة العضوية من كل ما فيها تدريجًا تحت تأثير الحرارة والضغط ولا يبقى بها سوى الكربون والأيدروجين ، وأحيانًا لا يبقى سوى الكربون فقط .

وهكذا يتم تكوين زيت البترول والفحم الحجرى . وما المصدر الدائم لذرة الكربون –أو على أية حال – الدائم لبضع الملايين من السنين . سوى ما أودع فى الغلاف الجوى من ثانى أوكسيد الكربون .

وقد يتفاعل ثانى أوكسيد الكربون كذلك مع الصخور غير العضوية ليكون الكربونات غير القابلة للذوبان . وقد يتخلص منه الهواء بصفة تكاد تكون مستمرة بهذه الطريقة .

والذى يوازن هذين العاملين الدائبين على التخلص من ثانى أوكسيد الكربون من الجو هو ثانى أوكسيد الكربون الجديد الذى يتسرب إلى الهواء بسبب نشاط البراكين .

وعندما تحدث تسربات فى الاتجاهين يبقى احتمال الاتزان قائماً . وفى وقتنا الحاضر فى الواقع يوجد مثل هذا الاتزان . إذ تبلغ قيمة ثانى أوكسيد الكربون التى يتخلص منها الجو بصفة مستمرة كل عام على هيئة فحم حجرى أو كربونات غير قابلة للذوبان نحواً من ١٥ إلى ٣٠ مليون من الأطنان . ويعود نفس القدر كل سنة بوساطة فعل البراكين (لاحظ أن الدور اللاعضوى فى هذه الدورة لا يتعدى ٠٫٠٥ فى المائة بالنسبة إلى الدور الكيميائى الحيوى . وهذا مثل لأهمية الحياة على مقياس كوكبى)

ولكن هل تتزن هذه التسربات دائماً ؟ على أية حال ربما وجدت فترات من الزمان فى تاريخ الأرض ازداد خلالها التسرب فى ناحية على الأخرى بشكل ظاهر . فقد استمر تكوين الفحم الحجرى خلال أحقاب طويلة من الزمن بمعدل كبير غير عادى . وما تريليونات أطنان الفحم

التى دفنت تحت سطح الأرض سوى ما تم تكوينه كله . مهما كانت العملية بطيئة ، من مستنقع ثانى أوكسيد الكربون الجوى . فهل تم تعويض ذلك على نطاق كبير .

ومرة أخرى ، تعرضت صخور جديدة للجو خلال أحقاب تكوين الجبال ، وبذلك استخدمت مقادير من ثانى أوكسيد الكربون تفوق بكثير ما يستنفد عادة فى عمليات التجوية وتكوين الكربونات غير القابلة للذوبان . فهل تم تعويض هذا القدر من ثانى أوكسيد الكربون ؟

ومن ناحية أخرى ، هناك عصور ازداد فيها النشاط البركانى وتم خلالها تدفق كميات زائدة من ثانى أوكسيد الكربون إلى الجو ، تفوق ما هو معروف عادة .

والآن ، هل يحدث هذا كله تغيراً فيما يحتويه الجو من غاز ثانى أوكسيد الكربون من عصر جيولوجى إلى آخر ؟ من المحتمل أن يكون الأمر كذلك ، ولو إلى حد صغير فقط .

ولكن هل يهم الأمر إذا حدث هذا إلى حد صغير فقط ؟ الإجابة عن ذلك هى أن بعض العلماء يعتقدون ذلك ، فإن الأمر يهم إلى حد كبير . ويلوح أن المكونات العظمى للغلاف الجوى (الأوكسيجين والأزوت) هى ناقلات جيدة جداً لطاقة الإشعاع عبر العديد من أطوال الأمواج . فأشعة الضوء المقبلة من الشمس تصطدم بالهواء وتمر خلال مئات الأميال منه ، حتى تقع على سطح الأرض ويتم امتصاصها . وترتفع درجة حرارة سطح الأرض . ويشع السطح الساخن أثناء الليل ويرد طاقة الإشعاع

إلى القضـــاء على هيئة موجات تحت الحمراء أقل بكـــثير فى نشاطها من أشعة الشمس . وتمر هذه الإشعاعات كذلك خلال جو الأرض . وكلما ارتفعت درجة حـــرارة الأرض عظمت قيمة الإشعاعات التى تردها إلى الفضاء أثناء الليل . وتتساوى قيمة ما تفقده الأرض من إشعاع ليلا وما تكتسبه نهاراً تحت درجة حرارة معينة يحدث عندها الاتزان . بحيث إنه بمجرد الوصول إلى درجة الحرارة هذه (مهما كانت قيمتها) لا تسخن الأرض فى مجموعها ولا تبرد بمرور الزمن (حاملة فى باطنها المواد ذات النشاط الإشعاعى) . وبطبيعة الحال قد يتم تسخين أجزاء معينة منها أو قد تبرد أجزاء أخرى خلال مواسم السنة المختلفة . ولكن متوسطات درجات الحرارة . عندما تؤخذ فوق سطح الأرض بأسر لا تتبدل .

ومهما يكن من شيء فإن ثانى أوكسيد الكربون إنما يعقد الأمر ، فهو يخلى سبيل الضوء الذى يخترقه بسهولة كما هى الحال مع الأوكسيجين والأيدروجين ، إلا أنه يمتص الأشعة تحت الحمراء بقوة إلى حد ما . ومعنى ذلك أن إشعاعات الأرض خلال الليل تجد جسيمات الهواء مظلمة بالنسبة لها ولا يمر جانب منها . وينجم عن ذلك ضرورة ارتفاع درجة حرارة التعادل بضع درجات لتصل إلى النقطة التى عندها يتحتم فقد كمية كافية من الأشعة تحت الحمراء إلى القضاء ليحدث الاتزان مع ما يرد من الشمس . وتكون الأرض أسخن (على وجه العموم) منها إذا لم يكن هناك ثانى أوكسيد الكربون على الإطلاق فى جوها . وتسمى ظاهرة

التسخين هذه باسم ظاهرة « البيت الأخضر » .

ولو أنه كانت هناك حقبة من الزمان ازدادت فيها عوامل التعرية أو التجوية أو تكوين الفحم . بحيث ينخفض المستوى العام لغاز ثانى أوكسيد الكربون الجوى » . فإن ظاهرة البيت الأخضر تقل . وتبعاً لذلك تهبط درجة حرارة الأرض بصفة عامة . وإذا حدث أن زاد النشاط الإشعاعى من مستوى ثانى أوكسيد الكربون ارتفعت درجة الحرارة الإجمالية .

وتدل بعض الحسابات التى أجريت حديثاً على أنه لو تضاعف مستوى ثانى أوكسيد الكربون الحالى ضعفين اثنين لارتفعت درجة حرارة الأرض ارتفاعاً عاماً قدره ٣٫٦°م . أما إذا تناقص إلى النصف فإن درجة حرارتها تنخفض بمقدار ٣٫٨° م .

والآن لكى يبدأ عصر جليدى من جديد . لا يحتاج الأمر إلى هبوط كبير فى درجة الحرارة أو كارثة حرارية . فإنه من الممكن أن يكون الهبوط الحرارى بحيث يكاد يسمح لكمية أكثر بقليل من الثلج بالتساقط خلال الشتاء الأكثر برودة قليلا كذلك بحيث لا تتاح فرصة ذوبان هذا الثلج خلال الصيف الذى يليه والذى تنخفض فيه الحرارة قليلا عن المعتاد . فإذا ما تكرر ذلك عاماً بعد عام يزحف الجليد . وتعمل الأهوية الباردة التى تنساب من الشمال على جعل الصيف أبرد مما سبق . وهكذا تكتسب العملية عجلة تصاعدية .

ولا يعرف على وجه التحديد مقدار النقص فى درجة الحرارة تحت المستوى الحاضر اللازم لإنجاز ذلك . ولقد قدر البعض أرقاماً تختلف

من ١٫٥ إلى٨°م . وعندما نتخذ طريقاً وسطاً . ونعمد إلى تقليل ثانى أكسيد الكربون الجوى إلى النصف (من ٠٫٠٤ إلى ٠٫٠٢ فى المائة) تنخفض درجة الحرارة بمقدار ٣٫٨°م وقد يكفى هذا القدر تماماً لبدء عصر جليدى . وربما كان مثل هذا التغير هو الدافع أو الحافز على حدوث العصور الجليدية التى مرت . ومن ناحية أخرى نجد أن ارتفاعاً قدره ٣° أو ٤° يسمح للصيف الأكثر دفئاً إلى حد ما بإذابة كمية أكبر بقليل من الثلج مما يمكن تعويضه بوساطة ثلوج الشتاء التالى المعتدل قليلا . وبهذه الطريقة تذوب الطاقيتان الثلجيتان ومن ثم تختفيان . وهناك نحو ٢٣ مليون كيلو متر مكعب من الثلج فى العالم (أغلبها فى منطقة القطب الجنوبى) . ولو أن هذا القدر كله ذاب لازداد حجم المحيطين بنحو ١٫٧ فى المائة . ولارتفع سطح البحر نحو ٦٠ ياردة ، ولأغرق الطوفان المساحات الساحلية فى العالم . (ولسوف يغرق البناء المعروف بالأمبيرستيت فى الماء إلى الطابق العشرين تقريباً) .

ومن الواضح أننا لا نرغب لا فى العصر الجليدى ولا نرغب أن يعم المناخ الاستوائى جميع أرجاء الأرض . فالأفضل هو أن نبقى حيث نحن . ولكن هل نحن على يقين من أن الاتزان قائم ؟ أو أن هناك ميلا قليلا تجاه ناحية أو أخرى — حسناً إذا كان هناك ميل صغير جداً تجاه أية ناحية فلا داعى للقلق لمدة مليون سنة إلا من شىء واحد .

ويزيد الإنسان الطين بلة أو يضيف إلى اعوجاج هذه الآلة . فنحن أنفسنا نعمد إلى تغيير المستوى بحرق الفحم وزيت البترول كما سبق أن

ذكرنا فى مواقد الفحم أو مواقد البترول الجميلة الوديعة التى نستمد منها الطاقة . ويمكن إهمال كمية ثانى أوكسيد الكربون التى تولدت بهذه الطريقة حتى عام ١٩٠٠ . ولكن على أية حال فقد عمل قرننا العشرون المتصف بالتصنيع على استخدام « الوقود الحفرى » بطريقة متزايدة لوغاريتميا . والآن يتدفق ثانى أوكسيد الكربون . ذلك الذى تسرب من الجو خلال فترة بلغت مائة مليون سنة تكون فيها الفحم ، ليعود إلى الجو فى مائة مليون نفخة من الدخان دفعة واحدة .

وفى هذه اللحظة تجدنا نضيف كل عام إلى الجو نحو ٦ بلايين طن من ثانى أوكسيد الكربون (٢٠٠ مرة ضعف ما يضيفه النشاط البركانى ، وعلى الأقل ٥٠ مرة قدر ما يضيفة النشاط الحيوى الحقيقى ولا يزال المعدل فى ازدياد .

وحتى إذا لم نعمد إلى زيادة هذا المعدل فسوف نضاعف ما فى الهواء من ثانى أوكسيد الكربون (بفرض عدم وجود عامل يعمل فى الاتجاه المضاد) ، ونرفع من درجة حرارة الأرض عموماً بمقدار ٣,٦°م ، حيث تبدأ عمليات خطيرة بإذابة الطاقيتين الثلجيتين (القطبيتين) وإغراق المساحات الساحلية فى مدى ٣٥٠ سنة فقط .

وهذا يكفى فيما يتعلق بمصادر القوى الناجمة عن إحراق الفحم (أو البترول) ، تلك المصادر الجميلة الوديعة التى درجنا عليها منذ القدم وليس لها نشاط إشعاعى .

كل ذلك ما لم تكن هناك عوامل مقاومة . ولكن هل هنالك شىء كهذا ؟

الإجابة : من الجائز .

فالاحتمال الأول هو أن مستوى ثانى أوكسيد الكربون الجوى يرتفع ، وقد ينجم عن ذلك ازدهار الحياة النباتية . بأن تستخدم ثانى أوكسيد كربون بمعدلات أسرع وتخفض المستوى مرة أخرى . ونحن نبدأ بذكر احتمال حدوث ذلك . ولكن التفاعل الطبيعى للحياة يعمل على اتزان هذه العمليات . فإن ازدياد الأحياء من النبات إنما يعنى ازدياد الأموات منه وكذلك ازدياد ما يتحلل . ويعنى الأمر كذلك ازدياد الحيوانات التى تلتهم هذه النباتات . ولا يدل ازدياد التحلل والزيادة فى عالم الحيوان إلا على ازدياد ثانى أوكسيد الكربون المتولد . وبذلك يرتفع المستوى من جديد .

وفى معنى آخر ، إن زيادة ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء تعجل من دورة هذا الغاز وتجعلها أسرع . من غير أن تحدث أثراً فعالا . فإذا ما عمدنا إلى زيادة ثانى أوكسيد الكربون الجوى ، فإنه — يبقى زائداً أو فائضاً لكل ما يمكن أن تفعله وسائل الحياة وطرقها .

ولكن ثمة عاملا آخر . فنحن قد تركنا جانباً بخار الماء الذى يحتوى عليه الهواء ، وهو من مكونات الهواء الطبيعية . ويذوب ثانى أوكسيد الكربون فى الماء إلى حد كبير .

ففى درجة الصفر المئوى مثلا يذيب الملليمتر المكعب (اختصاره مم ٣) من الماء النقى ٠٫٠٢٣٣ سنتيمتر مكعب (اختصار سم ٣) من الأزوت و ٠٫٠٤٨٩ سم ٣ من الأوكسيجين . ولكنه يذيب ١٫٧١٣ سم ٣ من

ثانى أوكسيد الكربون .

والآن تحتوى محيطات الأرض (التى تكون أكثر من ٩٨٪ من مصادر المياه على الأرض) على كمية كلية من محلول الماء والملح قدرها ١ر٣٧ × ١٠^{٢٤}م^{٣} فإذا ما حمل هذا المحلول كله ثانى أوكسيد الكربون بمعدل ١ر٧٣سم٣ لكل م٣ (بحيث إن المحيطات صارت كجفنة مليئة بماء غاز ثانى أوكسيد الكربون) فإن ما يحتوى عليه المحلول من هذا الغاز يصير نحو ٢ر٣٥ــ١٠^{٢٤} سم^{٣} . ويعادل هذا من حيث الوزن ١ر٥ × ١٠^{١٥} طناً . أو نحو ٢٢٥٠ مرة قدر ما فى هوائنا الجوى بأسره من ثانى أوكسيد الكربون .

وفى واقع الأمر هذا تقدير مع التحفظ . لأن قيم الذوبان التى ذكرناها هى للماء النقى . وترتفع قيمة الذوبان هذه إذا ما صار الماء قلوياً . وبدون شك نجد أن ماء البحر قلوى بعض الشىء .

وإذا كان المحيط يستطيع أن يذيب كل هذا القدر من ثانى أوكسيد الكربون فإنه يلوح من الغريب أن تبقى أية كمية لها قيمتها من هذا الغاز فى الجو. مالم يحدث تشبع المحيطات به . وهى الآن قرب التشبع . إلا أن الجو يحتفظ بالغاز . نظراً لأن محلول ثانى أوكسيد الكربون يعتمد على عدة عوامل محلية (مثل درجة الحرارة والضغط والحموضة والملوحة . وطرق الحياة التى تتبعها كائنات المحيط الحية الخ) . وليست الأشياء سهلة كأننا نضع المحيط فى قنينة ثم نمرر خلاله الهواء الجوى ونحركه بعنف على الدوام . . .

ولقد قدر بالقياس الفعلى أن كمية ثانى أوكسيد الكربون الكلية الموجودة

فى المحيطات هى ضعف ما فى الجو ٥٠ مرة فقط .

ومع ذلك إذا سلمنا بأن هذا هو حال التوازن فلماذا لا يظل قائمًا عندما يعمد الإنسان إلى صب ثانى أوكسيد الكربون إلى الجو صبًّا أثناء حرق الفحم والبترول . وبمعنى آخر لما كان الـ ٩٨ فى المائة من ثانى أوكسيد الكربون على الأرض موجوداً فى المحيطات فلماذا لا يروح ٩٨ فى المائة من ثانى أوكسيد الكربون الناشئ حديثًا على الأرض إلى المحيطات ؟

الحق أنه إذا ما أذاب المحيط ٩٨ فى المائة من ثانى أوكسيد الكربون الحديث فإن أخطار تعميم المناخ الاستوائى على الأرض تبتعد ولا يعود لها من أثر قريب . وبدلا من أن يتضاعف مستوى ثانى أوكسيد الكربون. وتصبح الأرض كلها استوائية المناخ فى مدى ٣٥٠ سنة يصبح من اللازم لها أن تستغرق ٣٥٠ × ٥٠ أو ١٧٥٠٠ سنة ليتم هذا التحور. وعند ذلك سوف نفكر فى حل — سنفكر فى حل .

وعلى أية حال فإن نقطة الاتزان شىء واحد ويمكن تحديدها بسهولة أما المعدل الذى نحصل به على هذا الاتزان فهو شىء آخر وفى العادة يصعب تحديده .

نعم . إن فى مقدور المحيط أن يذيب الستة البلايين طن من ثانى أوكسيد الكربون التى نكونها كل عام عن طريق حرق الفحم والبترول ، فهناك متسع لهذا عظيم ، إذ يستطيع المحيط أن يستوعب ٨ ملايين ضعف هذه الكمية كمقدار أدنى إلى حد كبير فوق وزيادة على ما يحتويه الآن (ومن الجائز أن يسبب هذا بعض المشاكل للسمك ... إلخ ولكن خلال

ثمانية ملايين سنة قد نستطيع حل مثل هذه المسائل .)

ومهما يكن من شيء ، فإنه على الرغم من أن المحيطات تستطيع إذابتها . فهل سيتم لها ذلك بسرعة كافية ؟ وإذا كانت ستذيب هذه المقادير فى عام واحد فإنها سوف تساير ركبنا . ولا تسوء الأمور . أما إذا كانت ستذيبها فى ألف سنة . فإننا نكون قد أنتجنا أثناء ذلك ٦٠٠ بليون طن من ثانى أوكسيد الكربون (وربما أكثر بكثير) وعندها يخوننا الحظ .

ولكن لماذا لا تذيب المحيطات ثانى أوكسيد الكربون سريعا ؟ فالغاز قابل للذوبان بدرجة كافية . وهناك من الماء مايكفى المحيطات . فما الذى يحول دون ذلك ؟

آه . لتعلم أن المحلول إنما يتكون فقط عند سطح المحيط حيث يتقابل الهواء والماء . ولكن إذا ما أثقلت القشرة السطحية بما تحمل من ثانى أوكسيد الكربون تقف عملية إذابة الغاز ، بصرف النظر عن خلو الماء الذى تحت هذه القشرة من ثانى أوكسيد الكربون . وعلى ذلك فإن معدل تكون المحلول سوف يتوقف على السرعة التى بها تنساب جزئيات غاز ثانى أوكسيد الكربون إلى أسفل منطلقة من الطبقة السطحية ، أو على السرعة التى تتحرك بها مياه المحيط وتحل بها أجزاء من الماء محل أخرى ، فتصل مياه جديدة مكان الطبقة السطحية حيث تستطيع إذابة كمية أخرى من ثانى أوكسيد الكربون .

ويلوح أن الطريقة الثانية هى التى تحل لنا المسألة . لأننا جميعاً

نعرف أن المحيط يتحرك دائماً حركة موجبة متلاطمة . ومن المؤكد إذاً أنه يتم مزج أجزائه بعضها ببعض . فتصعد مياه متجددة إلى السطح طوال الوقت .

حسناً — إذا ما أخذنا في الاعتبار السمّائة قدم العليا فقط . فكما أن كافة العواصف في جونا يقتصر حدوثها فحسب على طبقة التروبوسفير (الطبقة السطحية الممتدة من ٥ — ١٠ أميال فقط) نجد بالمثل أن كافة تحركات الأجواء القاسية العنيفة يقتصر تأثيرها على السمّائة قدم العليا من المحيط أو أقل . ولا يوجد تحت هذه السمّائة قدم سوى تحركات بطيئة عظمى . إلا أننا لا نعرف تماماً مدى بطئها ومقدار اتساعها . وعلى ذلك فإن معدل تكوين محلول ثانى أوكسيد الكربون إنما يتوقف على السرعة التى يتم بها صعود هذا الماء العميق (الذى يمثل ٩٤ فى المائة من حجم المحيط الكلى) إلى السطح .

وهناك نوع من أنواع الدورات يتم ما بين الأعماق والسطح كما نعلم . ولكن المحيط لا يستطيع إذابة الأوكسيجين بأية طريقة تفوق فى سحرها إذابته لثانى أوكسيد الكربون . ومع ذلك فإنا نعرف أن بالمحيط أوكسيجيناً مذاباً على أطول الطريق الممتد إلى القاع . ودليلنا على ذلك ما نعرف من حياة حيوانية فى الأعماق لا تستطيع العيش مع عدم وجود الأوكسيجين .

وكلما طالت مدة مكث الماء فى الأعماق من غير أن يتجدد انخفضت درجة تركيز الأوكسيجين فيه بسبب ما تستهلكه الكائنات الحية هناك . وتعطينا هذه (الحقيقة) إحدى الطرق التى نستعين بها على

تتبع دورة الماء فى الأعماق . بأن نجلب عينات من مياه هذه الأعماق من على انخفاض ثلاثة أميال مثلا ثم نقيس كمية الأوكسيجين . وكلما ارتفعت نسبة الأوكسيجين الموجودة فى الماء ، كانت المياه حديثة العهد بالسطح .

ولقد تم إنجاز مثل هذه الأقيسة . ودلت على أن أغنى مياه الأعماق وأعظمها اشتمالا على الأوكسيجين يوجد فى شمال الأطلسى وحول المتجمد الجنوبى . ويلوح أن هذه البقاع هى التى يغوص فيها ماء السطح إلى القاع بسهولة . ويبدو كذلك أن على القاع حركة بطيئة تحمل الماء خارج المتجمد الجنوبى حول أفريقيا إلى المحيط الهندى عبر بحر الجنوب ثم إلى الهادى . مع نقص كمية الأوكسيجين باستمرار .

ونحن عندما نوافق على وجود مثل هذه الدورة فى القاع . نتساءل كم تكون سرعة تحركها ؟ ومن الجائز أن نصل إلى الحل بإضافة شىء إلى سطح المحيط ليس موجوداً فيه . ثم نصبر حتى يظهر هذا الشىء فى أجزاء مختلفة من الأعماق ، ونلاحظ الوقت الذى يمضى فى كل مرة . وبطبيعة الحال من اللازم أن يكون الشىء المضاف مما يسهل أو يمكن ملاحظته على مقادير صغيرة جداً بعد أن نعمل حساب تخفيف درجات التركيز فى مياه المحيط الزاخر .

وفى واقع الأمر من الجائز أن يكون هناك شىء يفى بهذا الغرض — سترنشيوم ٩٠ ؛ فمنه كمية فى جو الأرض يمكن ملاحظتها الآن ، ولم تكن هذه المادة موجودة فى الجو منذ ١٥ سنة . ولقد تسربت كميات منه

إلى سطح المحيط . فهل توجد أية آثار منه فى الأعماق . إذا كان الأمر كذلك فأين ؟ إن الكيميائيين يحاولون الوصول إلى الطرق التى بها يركزون ويقيسون سترنشيوم ٩٠ فى المحيط لهذا الغرض بالذات .

وسوف يكون من الغريب والعجيب إذا ما تمخض الأمر عن أن هذا الرماد الخطر . سترنشيوم ٩٠ . يعطينا معلومات حيوية تتضمن أخطار الرماد « غير الضار » . ألا وهو ثانى أوكسيد الكربون . إنها رياح غير مواتية .

ولا تقتصر أهمية دورة الأعماق على مجرد المعلومات الخاصة بدورة ثانى أوكسيد الكربون . فإن المياه المنخفضة أكثر إثراء بالمعادن وبالتالى فهى أكثر خصباً — من المياه العليا التى تكسحها الحياة . فإذا ما جاء الوقت الذى فيه يعتمد الإنسان على البحر فى الحصول على قوته ، يكون من الأمور الحيوية بالنسبة إليه الحصول على معلومات عن الدورة فى الأعماق من أجل « زراعة المحيط » .

وبالطبع لنا أن نصوغ النظريات المتعلقة مثلا بمدى السرعة التى تذيب بها المحيطات ثانى أوكسيد الكربون ، ومدى البطء الذى به يبقى ثانى أوكسيد الكربون فى الجو ، ومدى العجلة التى تتحول بها الأرض إلى عالم استوائى لا ثلج فيه . فلماذا لا نعمد بالفعل إلى قياس الطاقيتين الثلجيتين فى عالمنا ، وننظر فيما إذا كانتا آخذتين فى الاختفاء أو الاندثار أم لا . فإذا ما كانتا آخذتين فى الاندثار فما سرعة هذا الاندثار ؟ لقد كانت هذه النقطة فى الحقيقة أحد موضوعات البحث الأولى التى

تعرض لها خلال السنة العالمية لطبيعيات الأرض . وأحد الأسباب الهامة جداً التي دعت كل أولئك العلماء إلى أن يقيموا سكناً لهم على طاقية المتجمد الجنوبي .

وقد نعمد كذلك إلى قياس درجة الحرارة الفعلية للأرض بأسرها وننظر فيما إذا كانت آخذة في الارتفاع . فإذا ما كان كل ثاني أوكسيد الكربون المحروق يبقى في الجو . بينما هو يذوب في المحيط بمعدل يكاد إهماله . فإنه من اللازم أن ترتفع درجة حرارة الأرض بصفة عامة بمقدار ١،١°م كل قرن .

وتبعاً لما ذهب إليه جلبرت ن . بلاس من جامعة جون هبكنز تدل مثل درجات الحرارة هذه التي بين أيدينا على أن هذا المعدل لزيادة درجة الحرارة هو بعينه ما يجرى منذ عام ١٩٠٠ . وبطبيعة الحال لايمكن الاعتماد كثيراً على قياس درجات الحرارة في النصف الأول من القرن العشرين خارج البلاد المتقدمة صناعياً . وعلى ذلك فقد تكون هذه الزيادة الظاهرية تساير النتائج النظرية لمجرد المصادفة الناجمة عن عدم توافر القراءات الكافية .

وعلى أية حال . فإنه إذا كان ذلك أكثر من المصادفة : وكانت درجة حرارة الأرض آخذة في الارتفاع فعلا . فعليك إذا أن تلوح مودعاً الطاقيتين الثلجيتين . وإذا كنت تعيش على ساحل البحر . فإن خلفك غير البعيد جداً سيزورون منزل العائلة القديم داخل حلة من حلل الغوص تحت الماء !

ولقد مرت بالأرض محنات مماثلة ثلاث مرات خلال الـ ٣٠٠٫٠٠٠ سنة الماضية . وهذا الارتفاع الجارى هو الرابع من نوعه . وتسمى هذه الفترات التى ترتفع فيها درجة الحرارة باسم « فترات ما بين العصور الجليدية » .

وقد لازمت الأرض أحقاب من انخفاض درجة الحرارة فى نفس هذه الفترة من الزمان. وولدت كل منها « حقبة جليدية » أو كما هو معروف عادة « عصراً جليدياً » . ومن الجائز أن يبدو أن هناك ظاهرة طبيعية تسبب مجئ وذهاب الثلج على هذا النحو . ومن المنتظر أن تدوم هذه الظاهرة الطبيعية ليبقى التعاقب فى الثلج وذهابه مستمرا للمستقبل التالى مباشرة (خلال ملايين السنين القليلة التالية)

ومع ذلك فإنه قبل ٣٠٠٫٠٠٠ سنة مضت(بل وقبل ٢٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ فى واقع الأمر) لم تكن هنالك عصور جليدية لأنه خلال تلك المدة الطويلة . (أو أكثر) . كانت الأرض خالية من الثلج إلى حد كبير . والسؤال هو ماذا حدث منذ ٣٠٠ ٠٠٠ سنة مضت ؟

يقول أحد التفسيرات بأن الأرض تعانى تذبذباً فى الحرارة من نوع بطىء جداً بالغ الأثر. ولكنه (أى الدور) لم يظهر فى صورة ثلج إلا منذ ٣٠٠ ٠٠٠ سنة مضت . فمثلا رأى عالم من سيبيريا يقال له ميلوتين ميلانكوفتش عام ١٩٢٥ بأنه نظراً للذبذبة التى تنتاب مسار الأرض وميل محورها يكتسب الكوكب فى بعض الآونة حرارة من الشمس أكثر بقليل عما يكتسبه فى آونة أخرى. وقوام فترة الدورة الحرارية التى اقترحها

الرجل ٤٠,٠٠٠ سنة . بحيث يوجد نوع من « صيف عظيم » مدته ٢٠,٠٠٠ سنة . و « شتاء عظيم » قوامه ٢٠,٠٠٠ سنة . ولم تكن فروق درجات الحرارة بينها عظيمة جداً فى واقع الأمر . ولكن . كما قلت سابقاً . يكفى انخفاض أقل من ٤°م فى درجة حرارة الأرض الحالية لبدء عصر جليدى .

ويمكن أن تفسر لنا دورة ميلانكوفتش هذا التراجع الحديث للثلاجات . ولكن كيف كان الوضع ق . ع . ج (قبل العصر الجليدى) ؟

حسناً ، ما الذى سبق درجة حرارة الأرض العامة قبل الـ ٠٠٠ ٣٠٠ سنة التى مضت . هل كانت الحرارة عالية فلم تسمح لانخفاض الحرارة خلال الشتاء العظيم بدرجة تكفى لتكوين الثلوج ؟ تستطيع أن تتبين ذلك إذا ما عمدت إلى دراسة الذبذبة السنوية لدرجة الحرارة بين الشتاء والصيف العاديين . فى نيويورك تعبر هذه الذبذبة نقطة تجمد الماء ، بحيث يهطل المطر فى الصيف ويهطل الثلج فى الشتاء . وفى ميامى تكون متوسطات الحرارة أعلى ولا تنغمس الذبذبة بدرجة تكفى لحدوث الثلج فى الشتاء . وعلى مقياس كوكبى . ماذا يكون الأمر لو أن مناخ الأرض انتقل من ميامى التى لا ثلج فيها إلى نيويورك التى تصيبها الثلوج طول كل شتاء بانتظام ؟

ولقد اختبرت حقيقة هذا الفرض بالتحليل النظائرى (فى هذه الأيام إذا لم يحصل أى عالم على الجواب بالتحليل النظائرى لا يعتبر كلامه مجدياً) . وللأوكسيجين ثلاثة نظائر مستقرة : أوكسيجين ١٦ ، الذى يكون ٧٦ و ٩٩ فى المائة من كافة ذرات الأوكسيجين ، وأوكسيجين

١٨ (يكون ٢٠ ر ٠ فى المائة) ، ثم أوكسيجين ١٧ (ويكون ٤ . ر المائة) . وهى كلها تتصرف بنفس الطريقة على وجه التقريب ، وتبلغ من التشابه الحد الذى يحول دون وجود فروق بينها فى الظروف العادية . ومهما يكن من شى فإن الأوكسيجين ١٨ أثقل بمقدار ١٢½ فى المائة من الأوكسيجين ١٦ . ومن ثم فهو أبطأ عند التفاعل . فمثلا عندما يتبخر الماء تصعد جزيئات الماء المحتوية على أوكسيجين ١٦ وتنتقل إلى الهواء بسهولة بالنسبة إلى جزيئات الماء المحتوية على أوكسيجين ١٨ . وإذا ما استمر البخر خلال فترة طويلة. يكون الماء المتبقى محتويًا على نسبة من أوكسيجين ١٨ أعلى من قبل .

وهذا هو عين ما يحدث للمحيطات التى يتبخر ماؤها بصفة مستمرة . وعلى ذلك فإنه من اللازم أن يحتوى ماء البحر (وهو يحتوى بالفعل) على كمية من أوكسيجين ١٨ مضافة إلى ما يحتوى عليه من أوكسيجين ١٦ أكثر بقليل مما يحتوى عليه الماء العذب . الذى يتكون من الجزء الذى تبخر من المحيطات . وبالإضافة إلى ذلك نجد أن هذه الظاهرة تزداد كلما ارتفعت درجة الحرارة . وكلما ارتفعت درجة حرارة المحيط ١°م ترتفع النسبة بين أوكسيجين ١٨ وأوكسيجين ١٦ بمقدار ٠٢ر. فى المائة .

والآن نجد أن أصداف البحر المتحجرة مكونة إلى حد كبير من كربونات الكلسيوم . وتحتوى كربونات الكلسيوم على ذرات الأوكسيجين المشتقة أصلا من ماء البحر . ومن اللازم أن تعكس لنا النسبة بين أوكسيجين ١٨ وأوكسيجين ١٦ فى هذه الأصداف المتحجرة . وتتبين

نفس النسبة فى المياه التى اشتقت منها الأوكسيجين . ومن ثم يجب أن تمدنا بمقياس تقدر به درجات حرارة المحيطات فى تلك الأحقاب الماضية .

ولقد أجريت مثل هذه القياسات أول مرة فى معامل هارولد ك . يورى بجامعة شيكاغو وتمخضت عن عملية ملتوية إلى حد كبير . وعلى أساس مثل هذه القياسات . على أية حال تبين أنه خلال عصر الميزودى القديم (العصر الحيوانى الأوسط) عندما سادت الديناصورات (جمع ديناصور) كانت درجات حرارة المحيطات مرتفعة إلى ٢١° م (٧٠° ف) .

وينذرنا هذا بدرجة حرارة مرتفعة للكوكب . . مما لا يسمح بتكوين عصر جليدى . حتى فى حضيض دورة ميلانكوفتش .

ولكن عندما نبدأ منذ ٨٠.٠٠٠.٠٠٠ سنة مضت . عندما كانت درجات حرارة المحيط عند القمة وبلغت ٢١° م . أخذت درجات الحرارة تنخفض واستمرت على هذا المنوال منذ ذلك الحين .

وتبعاً لما يقوله سيزنر أميليانى (الذى أجرى قياسات درجات الحرارة حتى الماضى الحديث (بالتعبير الجيولوجى) . نجد تفسير ذلك هو أنه بعد مرور فترة طويلة من الزمان على مساحة من اليابس خالية من الجبال ومحيط لا هاوية فيه . بحيث إن بحاراً ضحلة عديدة تغطى أغلب اليابس المعروف الآن . حدثت ثورة جيولوجية . حيث بدأت قيعان المحيطات فى الهبوط . بينما ترتفع سلاسل الجبال .

وعندما ارتفع اليابس وهبط قاع المحيط تعرت أجزاء جديدة من

اليابس ولكن ببطء شديد جداً . ومن طبيعة اليابس أن يختزن كميات من الحرارة أقل مما يختزن الماء . كما أنه يشع أثناء الليل كميات أكبر ، بحيث إن درجة الحرارة الكلية للأرض أخذت تنخفض على التدريج . وكذلك كان من جراء ظهور أراض جديدة أن تعرضت صخور جديدة لفعل التجوية بثانى أوكسيد الكربون . مما أدى إلى تناقص كميات ثانى أوكسيد الكربون الذى فى الجو . ومن ثم حدث نقص فى فعل « ظاهرة البيت الأخضر » وهبوط درجة الحرارة مرة أخرى .

ومن المحتمل جداً أن يكون انخفاض الحرارة هذا هو الذى أدى إلى قتل (الديناصور) .

وبعد مضى مليون سنة أدى الانخفاض المنتظم فى درجات حرارة المحيط إلى بلوغها ٢°م (٣٥½° ف) . ومنذ ٣٠٠٠٠٠٠ سنة مضت كانت درجة حرارة الأرض منخفضة بالقدر الذى يكفى لظهور العصور الجليدية فى حضيض دورات ميلانكوفتش .

ولقد تقدم موريس ايونج ووليم دون اللذان يعملان فى كولومبيا بتفسير للعصور الجليدية أكثر من ذلك غرابة وهما يلقيان اللوم على المحيط المنجمد الشمالى بصفة خاصة لوجود هذه العصور . فإن القطب الشمالى يقع فى بقعة صغيرة على هيئة ذراع من المحيط تكاد تحيط به الأرض من كل جانب . وهو صغير نسبيا وتحيط به الأرض بدرجة تكفى ليكون من المحتمل حدوث حالة غير طبيعية .

وتبعاً لذلك فإن الفكرة هى أنه عندما يخلو المنجمد الشمالى من الثلج يعمل كخزان للماء المتبخر الذى يغذى عواصف الثلج فى الشتاء .

ولو كان المحيط المتجمد الشمالى كبيراً ومفتوحاً لتساقطت ثلوج أغلب تلك العواصف الثلجية على البحر المفتوح وذابت هناك . أما وهو على حالته الراهنة فإن الثلج يتساقط على منطقة الأرض المحيطة المكونة من كندا وسيبيريا ، ونظراً لما تحتوى عليه المساحات الأرضية من حرارات أقل فإنه لا يذوب ولكنه يظل على حاله خلال الشتاء . وفى الواقع نجد أنه يتراكم من شتاء إلى آخر بحيث لا يذيب الصيف تماماً كافة الثلوج المتكونة من الشتاء السابق . وهكذا تتكون الثلاجات وتزحف جنوباً.

وبمجرد أن يحدث ذلك ، يغطى جزء كبير من الأرض بالجليد ، وهو يرد إلى الفضاء كمية من الإشعاع الشمسى تفوق ما يرده كل من الماء أو اليابس . وبالإضافة إلى ذلك تغطى سماء الأرض فى مجموعتها بسحب أكثر كما تكثر الأعاصير فى العصر الجليدى بالنسبة إلى أى عصر آخر . وترد السحب المتزايدة مقادير أكبر من الإشعاع الشمسى وتعكسها إلى الفضاء . وبإضافة هذه العوامل بعضها إلى بعض نجد أن نحواً من ٧ فى المائة من الإشعاع الشمسى هو الذى يصل عادة إلى الأرض يرد إلى الفضاء خلال العصر الجليدى ، وهكذا تنخفض درجة حرارة جو الأرض ، كما يتجمد فى النهاية المحيط المتجمد الشمالى (كما يقول ايونج ودون) الذى ظل مفتوحاً خلال قمة النشاط الجليدى (حتى على الرغم من انخفاض درجة الحرارة يتم كل ذلك فقط لمجرد أنه بحر صغير ومحاط بالأرض إلى القدر الذى يكفى) .

وبمجرد أن يتجمد المحيط المتجمد الشمالى ، تنقص كميات البخار

المتصاعدة منه إلى حد كبير ، وبذلك تقل عواصف الثلج التى تهب منه على كندا وسيبيريا . ويصير الصيف (رغم بقاء برودته على ما هى عليه) كافياً لإذابة مقادير أكبر من الجليد تفوق الجليد المتناقص الكمية الذى تجمع . فتبدأ الثلاجات فى التراجع . ومرة أخرى تسخن الأرض (كما هى الحال الآن) ، ويذوب المحيط المنجمد الشمالى (لم تصل الأرض بعد إلى هذه المرحلة خلال الدورة القائمة) ، فتعود الثلوج إلى التساقط من جديد ، وأخيراً يجىء عصر جليدى آخر .

ولكن لماذا لم يبدأ كل ذلك إلا منذ ٣٠٠,٠٠٠ سنة مضت ؟ يرجع كل من أيونج ودون سبب ذلك إلى أن تلك الفترة هى التى ظهر فيها القطب الشمالى — لأول مرة — فى منطقة المحيط المنجمد الشمالى. أما قبل ذلك فقد كان فى مكان ما بالمحيط الهادى . حيث كان المحيط متسعاً بدرجة تكفى ومفتوحاً إلى الحد الذى يحول دون حدوث عواصف الثلج القاسية الشديدة على مساحات الأرض البعيدة .

وقد تستمر العصور الجليدية فى إقلاقنا ومضايقتنا من عصر إلى آخر حتى تصبح أعالى الجبال الحاضرة أثراً بعد عين وترتفع قيعان المحيطات وحتى يترك القطب الشمالى منطقة المحيط المنجمد الشمالى (معتمدين فى ذلك على النظرية الصائبة . سواء . أحدهما أو كلاهما) .

وسيكون هذا هو الحال ما لم يتدخل عامل جديد . على غرار ثانى أوكسيد الكربون الذى نلقى به إلى الجو ، فإن الارتفاع المستمر فى درجة الحرارة يلوح أنه قد أسرع بسبب ازدياد مقادير ثانى أوكسيد الكربون

الذى فى الجو ، ومن الجائز تبعـًا لذلك أن تبطئ عمليات هبوط الحرارة التى ستلى ذلك . ومن المقدر أنها قد لا تهبط إلى الحد الذى معه تبدأ عمليات زحف الجليد من جديد .

وعلى ذلك ، فمن الجائز أن تكون الأرض قد شاهدت آخر عصورها الجليدية . بصرف النظر عن دورة ميلانكوفتش . أو موضع القطب الشمالى . حتى يجيء الوقت الذى فيه يتخلص المحيط أو نتخلص نحن بدلا عنه . من كميات ثانى أوكسيد الكربون الزائدة مرة أخرى . ومن الجائز بناء على هذا أن نعكس خلال عدة قرون أغلب أو كل ما جرى من انخفاض حرارى خلال ٠٠٠ ٠٠٠ ٨٠ سنة ، لنجد أنفسنا وقد ارتد عصر المنبر وزويك ، من حيث المناخ . ولكن من غير الديناصورات[١]

(١) جمع ديناصور كما سبق .

٣ ــ الهواء الرقيق

يمر غلاف الأرض الجوى الآن خلال فترة لها قيمتها وأهميتها العلمية. ونحن عندما نصوغ هذا القول بألوانه المتعددة (مع الأمانة التامة) قدر المستطاع نقول إنه . أى الغلاف الجوى . هو ما يصب عليه العلم جام غضبه .

وفى تاريخ العلم سبق أن مر جو الأرض خلال فترة فاتنة ساحرة . ولتدعنى أحدثك عن ذلك قبل أن أصل إلى عصرنا الذى نحن فيه .

ولنبدأ بزمن قدماء الإغريق . عندما كان للهواء قيمة « العنصر » أى إحدى المواد المعنوية التى يتكون منها الكون . فقد كان الفلاسفة وعلى رأسهم أرسطو يعتبرون الكون مكوناً من « الأرض » . و « الماء » ، و « الهواء » . و « النار » فى أربعة هياكل كرية متحدة المركز ، بحيث تحتل الأرض الحضيض والنار القمة أو الأوج .

وفى التعبير الحديث تعنى الأرض اليابس أو (الليثوسفير) . وهو الجزء المتحجر من الكوكب ذاته . كما يعنى الماء (الهيدروسفير) المحيط (وهو الأوقيانوس). ويعنى الهواء الغلاف الجوى (أو الآتموسفير). أما النار فهى أقل وضوحاً نظراً لعظم ارتفاعها عنها (كما يقول أرسطو) . ولا سبيل إلى فهمها بسهولة بحواس الإنسان ومشاعره . وعلى أية حال

فإن العواصف قد تجتاح كرة النار وتجعل بعض أجزاء منها مرئية لنا مثل البرق .

وبرغم هذا فإن كرة النار كانت تصل فقط إلى القمر . ومن بعد ذلك كان يوجد (عنصر) خامس سماوى ليس على غرار ثلاث « العناصر » التى على أرضنا الدنيا .

وأطلق عليه أرسطو اسم « الأثير » كما أسمته مدارس العصور الوسطى « العنصر الخامس » ومعناه باللاتينية « كوينتيسنس » . وبقى اللفظ إلى اليوم ويعنى أنقى وأهم جزء من أى شيء .

ولقد حملت مثل هذه النظرية الخاصة بتركيب الكون بعض المفكرين الأول على التعرض لبعض المسائل الخاصة بالهواء . فمثلا هل ينتهى الغلاف الهوائى . أو نصل إلى نهايته بالصعود إلى أعلى ؟ وبكل تأكيد كانت للجو نهاية . هى حيث تبدأ كرة النار .

ولعلك على بينة من أن وجهة نظر أرسطو لا تخلو مطلقًا من بعض الشيء . وتمامًا كما يحل الماء مكان اليابس والهواء مكان الماء من غير فراغ . فبالمثل تحل النار مكان الهواء والأثير مكان النار . ولا مكان للعدم قط . كما يقول أصحاب المدارس القديمة « تمقت الطبيعة الفراغ التام » .

وهل كان للجو أى وزن (أى ثقل) ؟ من الجلى والواضح أنه لم يكن له ثقل ، فأنت لا تحس بوزنه ، أم ماذا ؟ وإذا ما سقط عليك حجر أو دلو من ماء فإنك تشعر بوزنهما . ولكن ينعدم الشعور بوزن

الهواء. ولقد فسر أرسطو ذلك بأن الأرض والماء لهما ميل طبيعى للتحرك إلى أسفل قدر المستطاع نحو مركز الكون (أى مركز الأرض) .

ومن ناحية أخرى كان الرأى أن للهواء ميلا طبيعيًّا للتحرك إلى أعلى، كما قد يبدو لأى منا (انفخ بعض فقاقيع الهواء تحت الماء وراقبها وهى تتحرك إلى أعلى — لم يكن أرسطو ليحتكم إلى التجارب فى العمل . ولكنه كان يعتقد أن ضوء العقل والصواب يكفى للبحوث خلال أسرار الطبيعة وخباياها) . ولما كان الهواء يرتفع ويعلو فليس له ثقل إلى أسفل .

ولقد ازدهر أرسطو حول عام ٣٣٠ قبل الميلاد ، وكانت آراؤه بمثابة الكتاب المقدس لمدة طويلة من الزمن .

وتسدل الستارة . وتمر ألفا سنة ثم ترفع الستارة .

راح غاليليو غاليلى . العالم الإيطالى، فى أواخر حياته الطويلة الزاهرة يهتم بحقيقة أن مضخة الماء العادية التى تسحب الماء من البئر لا تستطيع رفع الماء أعلى من نحو ٣٣ قدمًا فوق مستواه فى البئر ، وذلك بصرف النظر عن درجة العنف أو القوة التى تدار بها يد المضخة .

وكان الناس يعتقدون أنهم يعرفون كيف تعمل المضخة ، فكانت تصمم بحيث يتحرك مكبس محكم أعلى أسطوانة محدثًا داخلها فراغًا . ولما لم تكن الطبيعة تستسيغ الفراغ ، فإن الماء إنما يندفع إلى أعلى ليملأ هذا الفراغ ، ثم يحتجز بصمام يعمل فى اتجاه واحد . وعندما يتم تكرار هذه العملية مراراً تتزايد كميات المياه المندفعة إلى أعلى حتى تتدفق خارج الصنبور . ومن الناحية النظرية كان لزامًا أن تستمر

هذه الحال على ما هى عليه إلى مالا نهاية . بحيث يرتفع الماء إلى أعلى ثم يتزايد ارتفاعه إلى ما شاء الله ما دمت تدير المضخة .

والآن لماذا لم يرتفع الماء أعلى من ٣٣ قدماً فوق المستوى الطبيعى له ؟ وهز غاليليو رأسه فلم يجد جواباً قط . ودار بخلده وهو عابس أنه يبدو أن « الطبيعة » تسمح بالفراغ إلى علو ٣٣ قدماً فقط . وأشار على تلميذه إيفانجلستا تورشيلى بدراسة الأمر والنظر فيه .

وفى عام ١٦٤٣ بعد موت غاليليو بعام واحد . أنجز تورشيلى ذلك . ورأى الرجل أن الذى يرفع الماء لم يكن مجرد انفعال من أمنا الطبيعة ولكنه دون شك وزن الهواء المجرد من الانفعالات والذى يضغط على الماء إلى أسفل دافعاً إياه إلى أعلى الفراغ (الذى يمكن أن يملأ عادة بوزن مساو له من الماء) . فالماء لا يمكن رفعه إلى أعلى من ٣٣ قدماً لأن عمود الماء الذى يبلغ ارتفاعه ٣٣ قدماً يضغط إلى أسفل بقوة تساوى ضغط الغلاف الهوائى كله . ولذلك يحصل الاتزان . وحتى عندما نكون فراغاً تاماً فوق الماء . بحيث يدفع الهواء الذى فوق مستوى الماء فى البئر بعمود المياه إلى أعلى دون استخدام أى ضغط هوائى فى الاتجاه المضاد . فإن وزن الماء نفسه كان يكفى ليعادل ضغط الهواء الكلى .

وكيف يمكن اختبار ذلك ؟ إذا أمكنك الابتداء بعمود من الماء طوله ٤٠ قدماً مثلا فإنه سوف يهبط إلى مستوى ٣٣ قدماً . ومعنى ذلك أن عمود الماء الذى طوله ٤٠ قدماً يزيد ضغطه عند القاعدة على الضغط الجوى كله . ولكن كيف يمكن استخدام ٤٠ قدماً من الماء ؟

حسنًا . لنفرض أنك استخدمت سائلا أكثر كثافة من الماء . فى هذه الحالة تجد أن عموداً أقصر من عمود الماء يكفى للاتزان مع الضغط الجوى . وأكثر السوائل كثافة التى عرفها تورشيلى كان هو الزئبق ، فكثافته قدر كثافة الماء نحو ١٣½ مرة . ولما كان خارج قسمة ٣٣ قدماً على ١٣½ هو نحو ٢½ قدم . فإن عموداً طوله نحو ٣٠ بوصة من الزئبق يمكن أن يتزن مع الضغط الجوى .

وعمد تورشيلى إلى ملء أنبوبة (أحد طرفيها مقفل وطولها ياردة) بالزئبق . ثم وضع إبهامه على الطرف المفتوح وغمسه فى وعاء مفتوح به زئبق . فإذا لم يكون للهواء أى وزن فإنه لا يضغط على مستوى الزئبق المعرض له فى الوعاء . وعلى ذلك فمن اللازم أن يتدفق كل الزئبق الذى بالأنبوبة .

وتحقق الرجل من أن الزئبق الذى بالأنبوبة بدأ يتدفق إلى الخارج . ولكن على قدر بوصات معدودات فقط . وبقيت ٣٠ بوصة من الزئبق داخل الأنبوبة لا يحملها شيء ظاهر . وكان السر فى ذلك إما هو السحر والشعوذة وإما أن أرسطو كان مخطئاً فيما ذهب إليه والصواب أن للهواء ثقلا . ولم تكن هنالك فرصة للاختيار . إذ لا بد أن يكون للهواء وزن . وكان ذلك إيذاناً ببدء أول عصور ازدهار الغلاف الجوى .

وهكذا اخترع تورشيلى البارومتر . وهو آلة ما زالت تستعمل إلى اليوم فى قياس الضغط الجوى مقدراً ببوصات الزئبق * . وزيادة على ذلك

* تستخدم اليوم وحدة جديدة تعبر عن الضغط بوحدات القوة المشتقة من الوحدات العالمية هى « المليبار » ويساوى ¾ مم زئبق .

يبقى فراغ فى الجزء العلوى من الأنبوبة الذى تخلف بسبب الزئبق المتدفق . ولم يكن يوجد بهذا الفراغ أى شىء سوى بخار الزئبق وهو كمية ضئيلة جداً . ولهذا يسمى « فراغ تورشيلى » حتى يومنا هذا ، وكان هذا الفراغ هو أول ما صنع الإنسان بشكل يستحق التقدير . وبرهن بجلاء ووضوح على أن الطبيعة لا تحبذ الفراغ بطريقة أو أخرى .

وفى عام ١٦٥٠ خطا أوتو فون جيريك ، الذى كان عمدة لمدينة مجدبرج الألمانية خطوة أبعد ، فقد اخترع مضخة هواء يمكنها سحب الهواء خارج حيز مقفل ، مكوناً بذلك فراغاً أشد وأشد ، أى فراغاً أعظم وأعظم .

وعمد فون جيريك إلى تمثيل قوة الضغط الجوى بطريقة رائعة ، فقد أحضر نصفى كرة من المعدن ينتهى كل منهما بحافة مستوية يمكن تشحيمها وتثبيت أحدهما على الآخر ، فإذا ما عمل ذلك فإن نصفى الكرة كانا يسقطان بسبب ثقلهما ، إذ لم يكن هنالك ما يحملهما على الالتصاق والبقاء معاً .

ولكن كان لنصف كرة منهما (بزبوز) له صمام يمكن أن تثبت فيه مضخة من مضخات الهواء . وقد عمد فوق جيريك إلى وضع نصفى الكرة معاً وسحب الهواء من داخلهما ، ثم أقفل الصمام وعند ذلك أصبح الهواء الجوى يضغط كلا النصفين معاً، بينما لا يوجد ضغط يعادل من الداخل .

وكم كانت قوة ضغط الهواء هذا ؟ حسنا ، لقد وصل فون جيريك

أمام الجمهور نصف كرة منهما بفريق من الخيل بوساطة ذراع متصلة اتصالا محكماً بنصف الكرة ، كما وصل الأخرى بفريق آخر من الخيل . وراح نصف أهل بلدة مجدبورج يراقبون التجربة وأفواههم فاغرة ، فقد أجهدت الخيول نفسها عبثا فى الاتجاهين المتضادين .

فالهواء الرقيق الذى من حولنا . والذى لا يعتد بوزنه « ظاهرياً » أصبح بكل تأكيد له ثقل عظيم . وعندما استخدم ذلك الثقل لم يستطع فريقان من الخيل التغلب عليه .

وأطلق فون جيريك سراح الخيل . ثم فتح الصمام وعندها سقط نصفا الكرة تلقائياً . وكانت تجربة مثيرة حقاً . على غرار تلك التى يقال إن غاليليو أجراها بإسقاط كرتين مختلفتى الكتلة من برج بيزا ، ولكن أكثر من هذا أن تجربة فون جيريك حدثت بالفعل (إنهم لا يعينون عمداً مثل هذا اليوم) .

ولما كان للغلاف الجوى وزن . فهو لا بد أن يكون محدوداً . فمن اللازم أن توجد منه الكمية اللازمة لجعل عمود من الهواء (يمتد من مستوى سطح البحر إلى قمة الجو) مساحة مقطعه العرضى بوصة واحدة مربعة يزن ١٤,٧ رطلا . وإذا ما كانت كثافة الجو ثابتة مع الارتفاع وتساوى قيمتها عند سطح البحر ، فإن عموداً منه ارتفاعه خمسة أميال فقط يكفى لإعطاء هذا الوزن .

ولكن بطبيعة الحال ليست كثافة الهواء ثابتة على طول الطريق إلى أعلى .

وفى الخمسينيات من القرن السابع عشر شرع عالم بريطانى يسمى روبرت بويل . كان قد سمع عن تجربة فون جيريك . فى دراسة خواص الهواء بطريقة مفصلة . فوجد أنه قابل للضغط .

ومعنى ذلك ، إذا ما حبس عينة من الهواء فى النصف أو الذراع القصير المقفل لأنبوبة ملتوية على هيئة حرف (U) ، بإضافة الزئبق إلى نصفها الآخر الطويل المفتوح . فإن حجم الهواء المحبوس يقل (أى إنه يتضاغط على نفسه) حتى يكون له ضغط داخلى يعادل عمود الزئبق المضاف * . ويتمدد أو ينكمش الهواء المحبوس بتقليل أو إضافة الزئبق تماماً كما يفعل الزنبرك . وكان العالم الإنجليزى روبرت هوك قد فرغ فى تلك الآونة تماماً من عمل تقريره عن سلوك الزنبرك بالذات ، ولما كان الهواء المحبوس يتصرف بنفس الطريقة فقد أطلق عليه بويل اسم « الزنبرك الهوائى » .

والآن عندما صب بويل زئبقاً إضافياً فى الأنبوبة ازداد حجم الهواء المحبوس انكماشاً حتى وصل الضغط الداخلى إلى النقطة التى عندها أمكن حمل ما يضاف من زئبق . وزيادة على ذلك فإن بويل أجرى قياسات فعلية ، ووجد « أنه عندما نضاعف الضغط الواقع على الهواء المحبوس يصل حجمه إلى النصف وهكذا ... » (هذه إحدى الطرق التى يصاغ بها ما يسمى اليوم قانون بويل) .

وبدا ذلك اكتشافاً رائعاً ، نظراً لأن السوائل والأجسام الصلبة

* بالإضافة إلى الضغط الجوى طبعا . (المترجم) .

لا تتصرف بهذه الطريقة . وتميز أعمال بويل ابتداء الدراسات العلمية لخواص الغازات التى تمخضت بعد مائة عام عن النظرية الذرية وعملت ثورة فى علم الكيمياء . وكان هذا نتيجة أخرى نجمت عن هذا العهد الأول الساحر للغلاف الجوى .

ونظراً لأن الهواء قابل للتضاغط . فإنه من اللازم أن تكون أكثر أجزاء الغلاف الجوى انخفاضاً تلك التى تتحمل كل ثقل الهواء الذى يعلوها بأسره . ومن الضرورى أن تصبح تلك الأجزاء هى أكثر الأجزاء تضاغطاً . وعندما نتحرك إلى أعلى فى الجو ــ أى نصعد ــ نجد أن كل عينة تالية من الهواء على علو أكبر وأكبر يعلوها جزء أصغر من الغلاف الجوى ، ومن ثم فهى معرضة لوزن أقل من الهواء . وعلى ذلك فهى أقل تضاغطاً .

وبالطبع لا تثبت درجة الحرارة مع الارتفاع فى الجو ، فمن بين خبرات الإنسان العادية أن منحدرات الجبال تكون دائماً أبرد من الوادى الذى فى أسفلها . ولا ينكر أحد كذلك حقيقة أن الجبال العالية تكسو قممها الثلوج دائماً . حتى خلال الصيف وحتى فى المناطق الحارة .

المفروض إذاً أن درجة حرارة الجو تنخفض بازدياد الارتفاع . وكان المعتقد أن هذا الانخفاض يستمر بانتظام إلى أعلى على الدوام . ونجم عن ذلك سقوط النظرية البسيطة القائلة بتناقص الكثافة مع الارتفاع ، إلا أنها لم تغير من حقيقة أن الغلاف الجوى مرتفع جداً ، فبمجرد أن بدأ الفلكيون فى الرصد وجدوا العديد من القرائن التى تثبت ذلك .

فمثلا وضعت آثار الشهب المرئية (بوساطة حساب المثلثات) على علو قدره ١٠٠ ميل .ولقد كان معنى ذلك أنه حتى على ارتفاع ١٠٠ ميل يوجد من الغلاف الجوى ما يكفى لعمل الاحتكاك مع أجزاء المعدن الدقيقة لدرجة أنها تحمر وتشتعل من الحرارة .

وزيادة على ذلك فقد شوهد الفجر القطبى الشمالى (الناجم عن توهج طبقات رقيقة من الغاز بسبب تصادمها مع جسيمات* مقبلة من الفضاء الخارجى) ورصد على علو بلغ ٦٠٠ ميل .

وعلى أية حال فالسؤال هو كيف كان من الممكن الحصول على تفاصيل الجو العلوى ؟ وكان مما تلزم معرفته الطريقة السليمة التى تتغير بها درجة الحرارة ويتغير بها الضغط الجوى مع الارتفاع . وفى عام ١٦٤٨ أرسل العالم الفرنسى بليز باسكال أحد أصدقائه إلى أعلى أحد الجبال ومعه بارومتر ليتحقق من هبوط ضغط الهواء . ولكن ما هو مدى ارتفاع الجبال ؟

كانت أعلى الجبال التى تقع تحت طائل الأوربيين فى القرن السابع عشر هى جبال الألب ، وتمتد أعلى قمة منها إلى علو ٣ أميال عبر الهواء . وحتى أعلى الجبال قاطبة فى الهملايا يبلغ ارتفاعه ضعف هذا القدر فقط . ومع ذلك فكيف يمكن التحقق من أن الهواء الذى على ارتفاع ستة أميال فى الهملايا يشبه الهواء الذى يوجد على ارتفاع ستة أميال فوق المحيط المفتوح المستوى .

---

* تدخل هذه الجسيمات ضمن ما يسمى بالأشعة الكونية مثل الكهارب ذات الطاقات العالية . (المترجم)

كلا إن أى شيء فى الجو أعلى من ميل مثلا لم يكن من الممكن الوصول إليه إلا فى أجزاء معينة من الكرة الأرضية وبصعوبة عظمى . كما أن أى شيء أعلى من ٥ أو ٦ أميال لم يكن الوصول إليه ممكناً فى ذلك العهد. ولم يكن أحد يعرف شيئاً هناك . لا أحد قط .

وهكذا انتهى العهد الأول الساحر للغلاف الجوى .

وتسدل الستارة . ويمضى قرن ونصف قرن ثم ترفع الستارة .

فى عام ١٧٨٢ عمد الأخوان جوزيف ميشيل مونتجولفر وجاك اتيين مونتجولفر إلى إشعال النار تحت زكيبة كبيرة خفيفة لها فتحة بأسفلها ، وجعلا الهواء الساخن والدخان يملآنها . ولما كان الهواء الساخن أخف من الهواء البارد ، فإنه يصعد إلى أعلى ، تماماً كما تصعد فقاعة الهواء فى الماء . ولقد حملت الحركة الزكيبة معها . وهكذا تم بناء أول بالون (منطاد) .

وبعد عدة شهور ، حل الأيدروجين محل الهواء الساخن ، وأضيفت إلى البالون أولا مركبات صغيرة وألحقت بها الحيوانات فى الابتداء ، ثم بعد ذلك صعد الرجال إلى أعلى . وخلال عشرات السنين القليلة التى تلت ذلك كانت الملاحة الجوية عملا جنونياً – لمدة قرن كامل قبل الأخوان ريت .

وما إن مر عام على بناء أول بالون حتى صعد أمريكى اسمه جون جفرى فى واحد منها ومعه بارومتر وأجهزة أخرى ، بالإضافة إلى المعدات اللازمة لجمع عينات من الهواء على ارتفاعات مختلفة . وهكذا صار الجو

فجأة فى روعة تحت طائل العلم إلى ارتفاع العديد من الأميال . وبدأ العهد السحرى الثانى للغلاف الهوائى .

وما إن حل عام ١٨٠٤ حتى حلق العالم الفرنسى جوزيف لويس جاى لوساك إلى علو ٤½ من الأميال داخل بالون . وهو ارتفاع يفوق بكثير ارتفاع أعلى قمة فى الألب . وعاد ومعه عينات من الهواء جمعها من أعلى .

وعلى أية حال فقد كان من الصعب الصعود إلى أعلى من ذلك نظراً لأن التحليق فى الجو يعوقه عدم سهولة التنفس . وفى عام ١٨٧٤ صعد ثلاثة من الرجال إلى ارتفاع ستة أميال — وهو ارتفاع جبل إفرست — إلا أن الذى بقى منهم على قيد الحياة واحد فقط . وفى عام ١٨٩٢ شاع أمر إرسال البالونات التى لا تحمل الإنسان (ولكنها مجهزة بمختلف الآلات) إلى أعالى الجو .

وكانت أهم الأغراض التى ترمى إليها التجارب الأولى قياس درجة الحرارة فى أعالى الجو . وظهرت بعض النتائج المثيرة فى التسعينيات فى القرن الماضى فقد كانت درجة الحرارة تنخفض فعلا مع الارتفاع بانتظام، حتى يصل المرء إلى علو أكبر نوعاً من جبل إفرست فتصل درجة الحرارة إلى — ٧٠° ف ، وعقب ذلك إذا ما ارتفع المرء عدة أميال تثبت درجة الحرارة ولا تتغير .

وعلى ذلك عمد عالم الأرصاد الفرنسى (عالم المتيورولوجيا) ليون ب . تيسيرنك دى بورت ، وهو أحد مكتشفى هذه الحقيقة ، إلى تقسيم الجو

إلى طبقتين . الطبقة السفلى التى تتغير فيها درجة الحرارة . وتتميز بتيارات الهواء الصاعد والهابط التى تعمل على تقليب ذلك الجزء من غلاف الأرض الجوى — وتكوين السحب وكافة أنواع الجو وظواهره المتغيرة التى اعتدناها ، وهذه هى طبقة (التروبوسفير) (أى محيط التغير) .

وسمى الارتفاع الذى يقف عنده هبوط درجة الحرارة باسم (التروبوبوز) إلى « نهاية التغير » . وتليه من أعلى منطقة ثبوت درجة الحرارة . وهى مكان لا تيارات فيه ولا تقليب . إذ يبقى الهواء هادئاً . وفكر (تيسيرنك دى بورت) فى طبقات تسبح فى أعلاها الغازات الخفيفة . وربما كانت إمدادات الأرض من غازى الأيدروجين والهيليوم توجد فى الأعالى هناك وهى تطفو على الغازات الأعظم كثافة الموجودة تحتها . وسمى هذه الطبقة العليا باسم (الستراتوسفير) أى « الكرة ذات الطبقات »

ويبلغ ارتفاع التروبوبوز عن سطح البحر نحو عشرة أميال عند خط الاستواء وخمسة أميال فقط عند القطبين. وتمتد الستراتوسفير من التروبوبوز إلى علو نحو ١٦ ميلا . وهناك حيث تبدأ درجة الحرارة فى التغير من جديد يوجد سطح (الستراتوبوز) .

ويوجد نحو ٧٥ فى المائة من كتلة الغلاف الجوى كله فى التروبوسفير ، ونحو ١٣ فى المائة فى الستراتوسفير . ويتكون « الغلاف الهوائى السفلى » من منطقتى التروبوسفير والستراتوسفير معاً ، وهما تحتويان على ٩٨ فى المائة من جو الأرض . ولكن ما إن حل القرن العشرون حتى عظم الاهتمام بأمر الـ ٢ فى المائة التى تعلو الستراتوبوز ، وهى طبقة « الغلاف الجوى العلوى » .

وفى الثلاثينيات من القرن العشرين دخلت أعمال البالون عهداً جديداً. فقد صنعت بالونات خفيفة من بلاستيك البوليثيلين . وكانت أقل نفاذا للغازات بالنسبة إلى البالونات القديمة (وأرخص كذلك) ، فقد كان فى الإمكان أن تصل إلى ارتفاعات أكثر من ٢٠ ميلا . واستخدمت المركبات المقفلة تماماً ، وحمل رجال البالونات معهم إمداداتهم الخاصة من الهواء .

وبهذه الطريقة وصلت مناطيد البشر السّتراتوسفير وحلقت بعدها . وأحضر رجال البالونات الروس معهم عينات من هواء السّتراتوسفير فلم يجدوا فيه الأيدروجين أو الهيليوم ، ولكنهم وجدوا الأوكسيجين والآزوت العاديين . (إننا نعرف الآن أن الغلاف الجوى يتكون إلى حد كبير من الأوكسيجين والآزوت حتّى نهايته من أعلى) .

وحلقت الطائرات ذات الغرف المحكمة الإغلاق (لا تسمح بنفاذ الهواء) فى السّتراتوسفير كذلك ، وفى أواخر الحرب العالمية الثانية اكتشفت التيارات العليا النفاثة وقوامها تياران دافقان من الهواء يكونان إطاراً من حول الأرض ، ويتحركان من الغرب* إلى الشرق بسرعة قدرها ١٠٠ إلى ٥٠٠ ميل فى الساعة على علو يقرب من ارتفاع التّروبوبوز ، أحدهما فى المنطقة المعتدلة الشمالية والثانى فى الجنوبية . ويلوح أن لهما أهمية عظمى فى أعمال التنبؤ الجوى ، إذ أنهما يلتويان أو يتعرجان كثيراً ، وتتبع الأجواء تعرجاتهما .

* اكتشف كذلك التيار النفاث الاستوائى الذى يجرى من الشرق إلى الغرب .
(المترجم)

وبعد الحرب العالمية الثانية بدئ فى إرسال الصواريخ إلى أعلى لجلب المعلومات إلى الأرض. وازدادت دراسة المنطقة التى تعلو الستراتوسفير، ووجد أنه من الستراتوبوز إلى ارتفاع ٣٥ ميلا ترتفع درجة الحرارة حيث تصل إلى ـ (ـ ٥٥° ف) قبل أن تنخفض مرة أخرى إلى (ـ ١٠٠° ف) على ارتفاع نحو ٥٠ ميلا . وبعد ذلك يوجد ارتفاع عظيم منتظم فى درجة الحرارة يقدر بنحو ٢٢٠٠° ف على ارتفاع ٣٠٠ ميل ؛ وربما ازدادت درجة الحرارة على ذلك فى ارتفاعات أكبر .

وتسمى منطقة ارتفاع درجة الحرارة ثم هبوطها بين ١٦ ـ ٥٠ ميلا اليوم اسم الميزوسفير (أو المنطقة الوسطى ، أما المنطقة التى تصل إليها درجة حرارة أقل ما يمكن فى أعلى هذه المنطقة فهى (الميزوبوز) . وتحتوى الميزوسفير تقريباً على كل كتلة الغلاف الجوى العلوى ، نحو ٢ فى المائة من القدر الكلى . ولا يبقى فوق الميزوسفير إلا عدة أجزاء من الألف فى المائة .

أما مشارف الهواء العلوى فهى على أية حال غير هامة ؛ وهى تقسم إلى منطقتين : من ٥٠ إلى ١٠٠ ميل حيث ترى آثار الشهب وتسمى (الثيرموسفير) (أى المحيط الحرارى) بسبب الارتفاع فى درجة الحرارة وتعلوها من فوق (الثيرموبوز) ، ولو أنه « ليس نهاية الحرارة » ويعتبر بعض الكتاب أن الثيرموسفير ترتفع إلى ٢٠٠ أو حتى ٣٠٠ من الأميال .

وفوق (الثيرموبوز) توجد منطقة من الغلاف الجوى تنخفض فيها الكثافة إلى الحد الذى يحول دون توهج الشهب ، ولكنها رغم ذلك تستطيع

أن تحمل الفجر القطبى الشمالى . هذه المنطقة هى (الأكسوسفير) أو (المحيط الخارجى) .

وليست هناك حدود عليا معينة للأكسوسفير . وفى الواقع أننا نجدها تزداد رقة وتخلخلا وتنتهى تدريجًا إلى الفضاء الذى تسبح فيه الكواكب (وليس هو بطبيعة الحال فراغًا تامًّا) . ويحاول البعض الحكم على « نهاية الغلاف الجوى » بالطريقة التى تتبعها جزيئات الهواء فى مصادمة بعضها البعض .

وهنا عند مستوى سطح البحر تتكدس الجزيئات ويقترب بعضها من بعض إلى الحد الذى معه لا يستطيع أى جزىء معين الانطلاق غير عدة أجزاء من المليون من البوصة (فى المتوسط) من غير أن يصطدم بجزىء آخر . ويعمل الهواء كوسط مستمر غير متقطع لهذا السبب .

وعلى ارتفاع عشرة أميال تكون الجزيئات قد تخلخلت لدرجة أنها تنطلق عبر عشرة أجزاء من ألف من البوصة قبل التصادم . وعلى علو ٧٠ ميلا تنطلق نحو ياردة ونصف ياردة . وعلى علو ١٥٠ ميلا نحو ٣٧٠ ياردة قبل التصادم . أما على ارتفاع عدة مئات الأميال فيصير التصادم من القلة بحيث يمكن إهماله ويبدأ الجو فى التصرف كأنه تصادم جسيمات لا رابط بينها .

(إذا صادف وكنت مرة ضمن زحام يوم عيد رأس السنة بمدينة نيويورك فى ميدان تيمز ، ثم سرت فى شارع مدينة هادئة الساعة الثانية ظهراً تكون قد كونت فكرة سليمة عن الفرق بين الجسيمات التى تعبر وسطًا

مستمراً ظاهريـاً والجسيمات المعزولة) .

والنقطة التي عندها يقف تصرف الجو كوسط مستمر . ويبدأ العمل كمجموعة من الجسيمات التي لا علاقة بينها قد تعتبر (الأكسوبوز) أو نهاية الجو . ولقد اعتبر هذا الارتفاع متغيراً من ٦٠٠ إلى ١٠٠٠ ميل لدى الثقات المختلفين .

والأهمية العملية للجو العلوى بالنسبة لنا أنه يتحمل عبء الصدمات المختلفة المقبلة من الفضاء الخارجى . فيجعلها برداً وسلامـاً ويحمينا منها .

وهناك حرارة الشمس . إنها ترسل (فوتونات)* طاقاتها كتلك التى يرسلها جسم درجة حرارة سطحه ١٠٠٠٠°ف . ولا تفقد هذه (الفوتونات) طاقاتها أثناء سبحها فى الفضاء . ولذلك فهى تصادم الغلاف الجوى بقوتها الكاملة . ولحسن حظنا أن الشمس ترسلها أو تشعها فى كافة الاتجاهات ولا يصيب كوكبنا منها سوى جزء من بليون أو ما يقرب من ذلك .

ومع ذلك عندما يصادم أحد (الفوتونات) جزيئـاً على حافة الجو من أعلى ويتم امتصاصه يجد الجزىء نفسه وقد استحوذ على درجة تحكى درجة حرارة سطح الشمس أى ١٠,٠٠٠° ف . ولا يصادف ذلك الأمر إلا جزءاً يسيراً من جزيئات جو الأرض فتسخن . ويتم توزيع الطاقة ببطء نتيجة تصادمها مع الجزيئات الأخرى الموجودة فى أسفلها . وهكذا تنخفض درجة الحرارة إلى مستويات يمكن تحملها كلما هبطنا إلى أسفل .

---

* منها الطاقات فوق البنفسجية . (المترجم)

وما درجات الحرارة المرتفعة الموجودة فى الأكسوسفير والثيرموسفير إلا صدى من أصداء كرة أرسطو « النارية » . وأنت قد تتساءل متعجباً كذلك كيف تستطيع الصواريخ المرور عبر الأكسوسفير إذا كانت درجة حرارتها تبلغ الآلاف دون أن تتلف . فهناك يواجهك الفرق بين درجة الحرارة وكمية الحرارة ، فالجزيئات لها طاقات عليا كجزيئات منفردة ، أى إن درجات حرارتها مرتفعة ، ولكن لا يوجد من هذه الجزيئات إلا العدد القليل بحيث تصير الطاقة الكلية (أى كمية الحرارة) مهملة .

ومن غير شك أننا نجد أن لدرجات الحرارة العالية فى الجو الخارجى تأثيرها على الجزيئات التى تكون ذلك الجو ، إذ تنقسم جزيئات الأوكسيجين والآزوت تحت تأثير درجات الحرارة العالية هذه والاصطدام بالجسيمات ذوات الطاقات العالية ، وتتحلل إلى ذرات منفصلة (وإذا ما تساقطت بعض الذرات الطليقة إلى مواضع تقل فيها الطاقة فإنها تتحد . ولذلك لا يحدث تغير دائم) .

ولقد تساءل الناس عما إذا كانت النفاثات لا تستفيد من هذه الذرات الطليقة من أجل الملاحة الجوية فى الأكسوسفير . فإذا ما كان من الممكن جمع القدر الكافى منها وضغطه (وهذا هو الجزء الصعب من العملية) فإن الطاقة لوزن ما الناجمة عن اتحادها لتكون جزيئات عادية تكون أعلى بكثير من الطاقة المنطلقة بالنسبة للوزن الناجم عن اتحاد الوقود العادى بالأوكسيجين أو الأوزون أو الفلور .

وأكثر من ذلك فإن إمدادات الطاقة سوف لا تستنفد ، نظراً لأن

الذرات بمجرد اتحادها إلى جزيئات سوف تطلق إلى الخارج من المؤخرة حيث تعمل الطاقة الشمسية فى الحال على انقسامها إلى ذرات من جديد . وفى واقع الأمر سوف تعمل هذه النفاثات بالطاقة الشمسية، وبذلك نخطو خطوة صغيرة .

وتنجح عمليات تصادم الجسيمات المقبلة من الفضاء أيضًا فى إتلاف بعض الذرات ، أو الجزيئات ، بأن تطرد منها إحدى كهاربها أوأكثر ، فتخلف وراءها ذرات لها شحنة كهربية تسمى الأيونات . ويتكون فى الأكسوسفير عدد وفير من الأيونات تسبب حدوث وهج (الأورورا) أو الفجر القطبي .

وفى أجزاء الجو الأكثر كثافة توجد طبقات يمكن أن نصفها بأنها طبقات دائمة من الأيونات توجد على أبعاد مختلفة . ولقد تم اكتشافها فى بادئ الأمر عن طريقة حقيقة أنها ترد أو تعكس بعض أمواج الراديو . فنى عام ١٩٠٢ اكتشف أوليفر هيفيسيد الإنجليزى وآرثر أدوين كينيللى الأمريكى (كل على حدة) أقل هذه الطبقات ارتفاعًا على ارتفاع نحو ٧٠ ميلا ، وهى تسمى طبقة كينيللى – هيفيسيد تخليداً لذكراهما .

وتم اكتشاف الطبقات العليا (على ارتفاع نحو ١٢٠ ميلا ، ثم ٢٠٠ ميل) عام ١٩٢٧ بوساطة عالم الفيزياء البريطانى إدوارد فكتور آبلتون ، وهى تسمى طبقات آبلتون . وبسبب الطبقات المتأينة العديدة هذه كثيراً ما نسمى الثيرموسفير باسم الأيونوسفير ، كما يطلق على حدها العلوى

اسم (الأيونوبوز) ، رغم أن هذا ليس هو « نهاية الأيونات » ويعدو كونه « نهاية الحرارة » .

وفى أيامنا هذه نطلق على هذه الطبقات أحرفا معينه . فطبقة كينيللى — هيفيسيدهى طبقة E ؛ بينما طبقات آبلتون هى F_1 ثم F_2 . وتوجد منطقة E بين الطبقتين F_1 ، E كما توجد تحت طبقة E منطقة D .

ومع هذا فإننا عند ما نهبط فى الميزوسفير نجد أن أشعة الشمس فوق البنفسجية لا تزال فى إمكانها عمل تفاعلات كيميائية لا تحدث عادة بصفة مستمرة عند سطح البحر . ومن الممكن أن نرسل المواد الكيميائية إلى أعلى فى تلك المناطق لنرقب ما يحدث بها ، ونجد أنه على الأخص تنحصر النقطة الهامة فى أن شيئاً ما يحدث لمادة كيميائية موجودة بالفعل هناك . فإن جزيئات الأوكسيجين العادى التى فى الميزوسفير (والتى يتكون الجزىء فيها من ذرتين اثنتين من الأوكسيجين) تتحول إلى جزيئات الأوزون الأكثر نشاطاً (والتى يتكون الجزىء فيها من ثلاث ذرات من الأوكسيجين)

ويتحول الأوزون بصفة مستمرة إلى الأوكسيجين . بينما يعمل المدد الذى لا ينقطع من الأشعة فوق البنفسجية على استمرار تكوين الأوزون . وتحدث حالة من الاتزان . وتتكون طبقة دائمة من الأوزون على ارتفاع نحو ١٥ ميلا من سطح الأرض . وهذا من حسن حظنا ، نظراً لأن من نتائج بقاء طبقة الأوزون أن يمتص هذا الغاز جزءاً من أشعة الشمس فوق البنفسجية الشديدة الأثر على الأحياء ، والتى إذا سمح لها بالوصول إلى سطح الأرض من غير أن تمتص ، تقتل معظم أنواع الحياة خلال فترة وجيزة من الزمان .

ونظراً لما يحدث من تفاعلات كيميائية مستمرة فى الميزوسفير فإنها تسمى أحيانًا باسم (الكيموسفير) ، كما يطلق على سطحها العلوى اسم (الكيموبوز) ، أما بالنسبة لطبقة الأوزون نفسها فإنها يقال لها أحيانًا (الأوزونوسفير) .

وهكذا وضحت لك الخطوات : من « هواء » أرسطو الذى لا فروق ولا تباين فيه خلال عصر من عصور السحر العلمى ، إلى غلاف بويل الجوى الذى تتناقص كثافته على التدريج ، ومن ثم إلى فترة أخرى من فترات السحر العلمى ، ثم إلى الطبقات الحيثية المتراصة بعضها فوق بعض من الهواء ، تلك الطبقات التى تتغير فيها الصفات والخصائص .

ولقد بدأت الآن الخطوة الثانية : دراسة معالم فضاء هذا الجانب من القمر (أى الفضاء الذى بيننا وبين القمر) ، ولقد نجمت عن هذه الدراسة حتى الآن معلومات مثيرة عجيبة عن وجود أحزمة فان آلين الإشعاعية — ثم ماذا كذلك ؟ حسناً ، تريث وانظر .

٤ ــ اللحاق بنيوتن

إنه لمما يؤثر فى هذا العصر الحديث ، عصر الصواريخ والأقمار الصناعية ، أن هناك العديد من رجال الصحافة لم يلحقوا بعد بنيوتن ، ولكنهم يتحدثون فى فصاحة مذهلة عن انعدام الجاذبية التى يعانيها رجل الفضاء بمجرد أن يصعد « وراء حدود الجاذبية » . ومن الجائز أنهم يعتقدون أن هنالك حداً أو خطاً فاصلا بالقرب من قمة الجو ، أو ما شابه ذلك ، بعده تنعدم الجاذبية فجأة ــ وهذا هو ما لا تسمح به نظرية نيوتن على الإطلاق .

ولقد كان إسحق نيوتن أول من صاغ قوانين الجاذبية العالمية . وعليك أن تلاحظ كلمة « عالمية » فهى الكلمة الهامة ، فنيوتن لم يكتشف أن التفاح يتساقط إلى الأرض بمجرد انفصاله عن الشجر ، فلقد كان ذلك من المعلومات العامة المعروفة . والذى برهن عليه وأوضحه أن مسار القمر حول الأرض يمكن تفسيره بفرض أن القمر يقع تحت تأثير أو قبضة نفس القوة التى تشد التفاحة

وكان رأيه العظيم أن كل جزء من المادة فى الكون يجذب أى جزء آخر من المادة ، وأن كمية هذه القوة يمكن التعبير عنها بمعادلة أو قانون بسيط .

فقوة الجاذبية ق التى بين أى جسمين ، كما قال نيوتن ، تتناسب مع حاصل ضرب الكتلتين (ك١ ، ك٢) للجسمين ، كما تتناسب عكسياً مع مربع المسافة (ف) بين مركزيهما ، وعندما ندخل ثابت التناسب جـ فى الحساب يمكننا صوغ معادلة تمثل تعبيرنا السابق رمزياً :

ق = جـ ك١ ك٢ ف٢ معادلة رقم (١)

وأحدث ، وربما أضبط ، قيمة أمكن الحصول عليها للثابت جـ (عام ١٩٢٨ فى مكتب المعايير القياسية هى) ٦,٦٧٠ × ١٠-٨ × داين / سم٢ / ، ثانية٢ . ومعنى ذلك أننا لو وضعنا كرتين كتلة كل مهنما جرام واحد وضعنا تماماً على بعد سنتيمتر (من المركز إلى المركز) فإن قوة التجاذب بينهما تصير ٦,٦٧٠ × ١٠-٨ داين .

ويبين هذا أن قوى الجاذبية ضعيفة بالنسبة إلى قوى التجاذب الكهربى أو المغناطيسى . فمثلا ، القوة التى تساوى « داين واحد » تعادل على وجه التقريب وزناً قدره ١ ميلليجرام . وإذا ما كانت الكرتان اللتان تساوى كتلة كل منهما جراماً هما كل ما فى الوجود من مادة ، فإن كلا منهما سوف يعانى وزناً تحت تأثير قوى الجاذبية للكرة الأخرى على البعد المبين قدره هو ٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٦٦ ملليجرام (أو نحو جزأين من تريليون جزء من الأوقية) . ومهما يكن من شىء فإنه عندما تكون الكتل كبيرة كالأرض ، فإنه حتى القوى الضعيفة التى على غرار الجاذبية تصبح ذات قيمة يعتد بها .

وليس علينا طبعاً أن نستخدم الداين أو ما على شاكلته من الوحدات التخيلية لنفهم وجود الجاذبية . ولنفرض مثلا أن الكتلتين اللتين نحاول قياس قوى الجاذبية بينهما هما سفينة من سفن الفضاء وكوكب الأرض . هنا يمكننا أن نضع كتلة سفينة الفضاء تساوى الوحدة (ولكن أية وحدة؟ وحدة كتل سفن الفضاء) وكذلك نستطيع أن نتبين أن كتلة الأرض تساوى الوحدة . باستخدام وحدات أخرى مختلفة — وحدة كتل الأرض فى هذه المرة .

والمسافة بين مركز الأرض ومركز سفينة الفضاء ، التى سنفترض أنها راسية على سطح الأرض تعادل تقريباً ٣٩٥٠ ميلا . وفى مستطاعنا أن نجعل هذه القيمة تساوى واحداً كذلك ، وذلك بأن نطلق على هذا العدد من الأميال اسم نصف قطر الأرض .

لاحظ الآن أننا عندما نستخدم معادلة نيوتن يكون من اللازم قيام المسافات من المركز إلى المركز ، وبمعنى آخر نجد أن العبرة ليست ببعد سفينة الفضاء عن سطح الأرض ، ولكن ببعدها عن المركز .

وهذه من الأعمال العظمى التى أنجزها نيوتن ، وكذلك يتبين لك أنه كان قادراً على البرهنة على أن الكور التى لها كثافات منتظمة تتجاذب كأنما تتركز كتلة كل منها فى نقطة المركز . ومن المؤكد أن أجرام السماء الفعلية لا توزع كثافاتها بانتظام ، ولكن نيوتن كذلك برهن على أن أمر هذه النقطة المركزية قائم للكور المكونة من سلسلة من الطبقات (على غرار البصلة) ، كل طبقة منها متجانسة الكثافة ، رغم أن الكثافة

قد تختلف من طبقة إلى أخرى . وهذا الوضع المعدل يصلح تماماً لأجرام السماء الحقيقية .

ولنعد الآن إلى الأرض وسفينة الفضاء . ولما كنا قد تخيرنا وحدات اصطلاحية للكتلة والمسافات فلم يبق علينا إلا إنجاز ذلك بالنسبة لثابت التجاذب أيضاً (قيمة ثابتة واحدة) وبذلك تصير المعادلة رقم (١) .

$$\text{ق} = ١ \times ١ \times ١ / ١^{٢}$$ معادلة رقم (٢) .

ونتيجة لما اخترنا من وحدات ينتج أن قوى الجاذبية بين الأرض وسفينة الفضاء هي الوحدة تماماً .

ولا بأس حتى هذا القدر . ولكن هذا بالنسبة لسفينة الفضاء الراسية على سطح الأرض . فما الذي يجرى لو أنها لم تكن على سطح الأرض ولكن على ارتفاع ٣٩٥٠ ميلا فوقنا ؟

عندما نغير موضع سفينة الفضاء لا تتغير كتلتها . ولا كتلة الأرض ولا حتى ثابت التجاذب . فكل منها يمكن أن يبقى على حاله ويساوى الوحدة : والشيء الوحيد الذى يتغير هو المسافة بين مركز سفينة الفضاء ومركز الأرض . وعلى ذلك فإن المسافة هي كل ما يهمنا أن نغيره ، وعندما تصبح المعادلة رقم (٢)

$$\text{ق} = \frac{١}{\text{ف}^{٢}}$$ المعادلة رقم (٣)

والآن عندما تكون سفينة الفضاء على ارتفاع ٣٩٥٠ ميلا فوق سطح الأرض يكون بعدها عن مركز الأرض ٣٩٥٠ ميلا مضافة إلى ٣٩٥٠ ميلا أو ضعف نصف قطر الأرض (وفى مستطاعنا أن نستخدم

أية وحدة نريدها . ولكن بمجرد أن يتم هذا الاختيار يجب علينا أن نثبت عليه ، وهذا هو الوضع السليم) .

وبناء عليه فإنه على ارتفاع ٣٩٥٠ ميلا من سطح الأرض تكون قوى التجاذب بين الأرض وسفينة الفضاء باستخدام المعادلة رقم (٣) هى

$\frac{١}{٢}$ أو ٠,٢٥

وعادة تقاس قوى الجاذبية عن طريق وزن جسم ما . وعلى ذلك فى مقدورنا أن نقول بأنه مهما كان وزن سفينة الفضاء على سطح الأرض ، فإنها تزن (أى جاذبية الأرض لها ، أو قبضة الأرض لها) $\frac{١}{٤}$ هذه القيمة على ارتفاع ٣٩٥٠ ميلا من السطح .

وبنفس الطريقة والبرهان نستطيع أن ندلل على أن هذا الوضع قائم لأى جسم غير سفينة الفضاء . فإن جاذبية الأرض لأى جسم على الإطلاق تهبط إلى ربع قيمتها عندما يحرك هذا « الشيء على الإطلاق » من سطح الأرض إلى علو ٣٩٥٠ ميلا فوق سطحها .

وتعطينا المعادلة رقم (٣) كذلك القوة بين الأرض وسفينة الفضاء (أو أى جسم آخر) على أى ارتفاع فوق السطح . وفى الجدول رقم (١) بعض هذه القيم التى حصل عليها بهذه الطريقة .

وكما ترى ، تقل قيمة قوى الجاذبية فى الحال . وحتى على الارتفاعات المنخفضة للأقمار الصناعية ، مثلا ، نجدها تتغير من $\frac{٢}{٣}$ إلى $\frac{٩}{١٠}$ قيمتها عند سطح الكوكب . ولكى تشعر حقًا بالأسى من جراء ذلك نقول إذا كنت تزن ١٥٠ رطلا ثم نقلت فجأة إلى قمة جبل أفرست من منزلك

الذى عند مستوى سطح البحر ، تجد أن الجاذبية بلغت من الضعف أو القلة الحد الذى يجعل وزنك ١٤١ ½ رطلا .

ومع ذلك فإن قوة جذب الأرض لا تهبط إلى الصفر على الإطلاق ، بصرف النظر عن المسافة وقيمتها ، فمهما بلغت ف من الكبر فى المعادلة رقم (٣) لا يمكن أن تكون ق صفرا . وبالعودة إلى المعادلة رقم (١) تجد أن هذا حقيقى كذلك بالنسبة للتجاذب بين أي جرمين مهما بلغا من الصغر ، ما دامت كتلتاهما أكبر من الصفر . وبمعنى آخر نجد أن تأثير الجاذبية لكل جسم ، مهما كان صغيراً ، يعم ويشمل الفضاء بأسره .

وحتى لا تصبح القوة مهملة بسرعة كبيرة جداً عندما تؤخذ فى الاعتبار الأجسام الكبيرة . فقوي الجاذبية بين الأرض والزهرة عندما يبلغان أقصر مسافة بينهما هى فقط ٢٥,٠٠٠,٠٠٠ ومن قيمتها بفرض التصاق الكوكبين . ومع ذلك فإن قوى الجاذبية بين الأرض والزهرة ، حتى على مسافة قدرها ٢٥,٠٠٠,٠٠٠ ميل لا تزال تساوى ١٣٠ تريليون طن .

وهذا يكفى رجال الفضاء عندما يخرجون « وراء حدود الجاذبية » وسوف لا تعنى كثيراً كلمة « عالمية » الواردة فى قانون نيوتن إذا لم نستخدم المعادلة ونعممها على الأجسام الأخرى . ويمكننا أن نبدأ بفرض أن سفينة الفضاء راسية على سطح القمر .

فقبل كل شيء ، لسفينة الفضاء نفس الكتلة ، (أى مقدار ما

تجمع فيها من مادة) التى تمتلكها عند سطح الأرض . ولقد اصطلحنا على أن تكون هذه الكتلة (ك١) تساوى ١ . ولا يتغير الثابت ج . ولقد اتفقنا على جعله يساوى الواحد الصحيح . وعلى ذلك فإن المعادلة رقم (١) تصبح :

$$ق = \frac{ك_2}{ف^2}$$ معادلة رقم (٤)

حيث ($ك_2$) هى كتلة القمر . (ف) هى المسافة من مركز سفينة الفضاء إلى مركز القمر . ولما كانت سفينة الفضاء فوق سطح القمر فإن (ف) إنما تساوى نصف قطر القمر .

ولقد سبق أن عرفنا وحدتنا للكتلة (ك) بأنها « كتلة أرضية » كما عرفنا وحدة المسافات بأنها « نصف قطر الأرض » . وسوف نلتزم بذلك ولا نحيد عنه . وتبلغ كتلة القمر ١٢٣ ,٠ (أى نحو $\frac{1}{81}$) من كتلة الأرض . كما يبلغ نصف قطره ٢٧٣,٠ (أى نحو $\frac{1}{4}$) نصف قطر الأرض فقط.

ومعنى ذلك أنه بصرف النظر عن وزن سفينة الفضاء على سطح الأرض الناجم عن قوى جاذبية الأرض لها . فإنها تزن على سطح القمر ١٦٤ ,٠ من وزنها ومنها (نحو $\frac{1}{6}$ تقريباً) بسبب قوى جاذبية القمر « الأقل » . وبنفس الطريقة والبرهان يمكن تعميم هذه النسبة فى الوزن لأى جسم على الإطلاق .

فإذا ما أعطينا كتلة أى جسم ونصف قطره يمكن حساب قيمة الجاذبية على سطحه بنفس الطريقة . ويعطى الجدول رقم (٢) قيم

جدول رقم (١) قوى الجاذبية للأرض بالنسبة إلى المسافة

المسافة إلى سطح الأرض بالميل	المسافة إلى مركز الأرض بالميل	المسافة إلى مركز الأرض بأنصاف قطر الأرض	قوى الجاذبية
صفر (مستوى سطح البحر)	٣٩٥٠	١,٠٠٠	١,٠٠٠
٥٠ (قمة الستراتوسفير)	٤٠٠٠	١,٠١٢	٠,٩٧٥
١٥٠	٤١٠٠	١,٠٤٠	٠,٩٢٤
٢٥٠	٤٢٠٠	١,٠٦٣	٠,٨٨٤
١٠٠٠	٤٩٥٠	١,٢٥٣	٠,٦٣٦
٢٠٠٠	٥٩٥٠	١,٥٠٦	٠,٤٤٢
٤٠٠٠	٧٩٥٠	٢,٠١٥	٠,٢٤٧
١٠ ٠٠٠	١٣٩٥٠	٣,٥٣	٠,٠٨١
٢٠ ٠٠٠	٢٣٩٥٠	٦,٠٦	٠,٠٢٧
٥٠ ٠٠٠	٥٣٩٥٠	١٣,٦٢	٠,٠٠٥٤
١٠٠ ٠٠٠	١٠٣٩٥٠	٢٦,٣	٠,٠٠١٤
٢٥٠ ٠٠٠ (حضيض القمر)	٢٥٣٩٥٠	٦٤,٢	٠,٠٠٠٢٤
٢٥٠٠٠ ٠٠٠ (أقرب أبعاد الزهرة)	٢٥٠٠٣٩٥٠	٦٣٠٠	٠,٠٠٠٠٠٠٠٢٥

الجاذبية السطحية لأجرام المجموعة الشمسية المختلفة كمثال على ذلك .

لاحظ أن المشترى وزحل ليسا كرتين تامتى التكوين فكل منهما مفرطح بشكل ظاهر عند القطبين . وزحل أقل الكواكب استدارة ؛ فهناك فرق قدره ١٢ فى المائة بين نصف القطر القطبي ونصف القطر الاستوائى . أما من حيث المشترى فإن الفرق هو ٧,٥ فى المائة . وفى كل من الحالتين لما كانت المسافة ف تتغير بتغير خطوط العرض ، فكذلك تتغير الجاذبية السطحية ، فتصل إلى أقل قيمة لها عند خط الاستواء ، وأكبر قيمة لها عند القطبين (ويقلل من قيمة الجاذبية الاستوائية كذلك فعل القوه الطاردة المركزية الناجمة عن دوران الكوكب حول محوره ، إلا أننى تغاضيت عن ذلك هنا وهذا يكفى وزيادة) .

وليست حقيقة أن زحل ، الذى تزيد كتلته عن كتلة الأرض بكثير ، له جاذبية سطحية تكبر جاذبية الأرض بقليل ، ليست هذه الحقيقة بعجيبة فكثافة مادة زحل هى فقط $\frac{1}{8}$ كثافة مادة الأرض ؛ وهو تبعاً لذلك له حجم عظم بالنسبة إلى حجمه لو أن مادته كانت من نوع مادة الأرض . ونجم عن عظم كبر نصف قطر زحل بشكل غير عادى (بمقارنته بالأرض) ، أن انخفضت قيمة الجاذبية السطحية عليه بسبب ازدياد المسافة بين مركز زحل وأى جسم على سطحه بنفس القدر تقريباً الذى تزيد به الجاذبية بسبب كبر كتلة زحل (فوق الأرض) .

ويمكن على وجه التقريب أن تتساوى الجاذبية السطحية لكل من زحل والأرض إلا أن هذا مضلل بطريقة أو بأخرى ، وعليك أن تنظر إليها

بهذه الوسيلة :

تكون سفينة الفضاء وهى على أسطح الكواكب على أبعاد مختلفة من مراكزها ، نظراً لأن الكواكب لها حجوم مختلفة. ولنفرض رغم ذلك أن سفينة الفضاء على بعد ٢٣٠٠٠٠ ميل من سطح الأرض فى وقت ما ، و ٢٣٠,٠٠٠ ميل من مركز زحل فى وقت آخر .

فعندما تكون على بعد ٢٣٠,٠٠٠ ميل من مركز الأرض فإنها تصبح على وجه التقريب على بعد ٢٢٦,٠٠٠ ميل فوق سطحها . أما بعد ٢٣٠,٠٠٠ ميل من مركز زحل فإنه يعنى ١٩٢٠٠٠ ميل فقط فوق سطحه ، نظراً لكبر جرم زحل . وعلى أية حال عندما ندرس قوى الجاذبية ، كما وضحت سابقاً ، يدخل فى الحساب المسافة أو البعد عن المركز .

وفى مثل هذه الحالة ، عندما تتساوى ف فى الوضعين ، فإن ك$_٢$ وحدها هى التى تبقى (انظر المعادلة رقم ٤) لتغير من النتيجة . وبطبيعة الحال تساوى كتلة الأرض الواحد الصحيح (أى كتلة أرضية) . وتبلغ كتلة زحل ٩٥,٢ « كتلة أرضية » ، وعلى ذلك فإن قوى الجاذبية التى تقبض سفينة الفضاء بالقرب من زحل هى دائماً ٩٥,٢ ضعف قبضة جاذبية الأرض على نفس المسافة أو البعد منها .

ويمكن أن نتبين ذلك من سلوك قمرين صناعيين عندما يكونان على بعد واحد من زحل والأرض . فالقمر على بعد متوسطه ٢٣٩٠٠٠ ميل من مركز الأرض ، بينما قمر زحل المسمى (ديونى) على بعد نحو

جدول رقم(٢) بعض أرقام الجاذبية عند أسطح كواكب المجموعة الشمسية

الجرم الفلكى	الكتلة مقدرة بوحدات كتلة الأرض	نصف القطر مقدرًا بنصف قطر الأرض	الجاذبية عند السطح
المشترى(القطب)	٣١٨,٠	١٠,٥	٢,٨٨
المشترى(خطالاستواء)	٣١٨,٠	١١,٢	٢,٥٤
نبتون	١٧,٣	٣,٤	١,٥٠
زحل (القطب)	٩٥,٢	٨,٥	١,٣٢
زحل (خط الاستواء)	٩٥,٢	٩,٥	١,٠٥
أورانوس	١٤,٥	٣,٧	١,٠٥
الأرض	١,٠	١,٠	١,٠٠
الزهرة	٠,٨٢	٠,٩٦	٠,٨٩
المريخ	٠,١١	,٥٢٥	٠,٤٠
عطارد	,٠٥٤	٠,٣٨٠	٠,٢٧
جانيميد	,٠٢٦	٠,٣٩٥	٠,١٧
القمر	,٠١٢٣	٠,٢٧٣	٠,١٦

٢٣٠,٠٠٠ ميل من مركز زحل . ويقطع كل منهما تمامًا نحو ١,٥٠٠,٠٠٠ ميل فى إكمال دورته حول كوكبه .

وكلما كبرت قوى الجاذبية الواقعة على القمر إعظمت سرعة تحركه ليجمع لنفسه قوة طاردة مركزية كافية لبقائه فى مساره تحت تأثير جذب كوكبه . وقمر الأرض يعمل نفس الشىء فيقطع مساره بمعدل

٢٠٠ ميل فى الساعة ويكمل دورته فى ٢٧,٣٢ يوماً . أما (ديونى) فيلزم على أية حال أن يسرع بعشرة أمثال هذه السرعة ليبقى فى فلكه ، ففترة دورته هى فقط ٢,٧٤ يوم .

مثل هذا السرعة ، وليست قيم الجاذبية على السطح ، هى التى تعتبر مقياساً للقوة التى تقاومها سفينة الفضاء إذا كانت تقوم بالمناورات قرب زحل .

وعلى أية حال ، فمهما عظمت قيمة قوى الجاذبية التى يفرضها كوكب ما ، ومهما دنت منه سفينة الفضاء واقتربت فإنه يبقى من الجائز للسفينة (ومن فيها من الركاب) أن تكون عديمة الوزن* . ولكن هذا لا يعنى انعدام قوى الجاذبية أو توقفها عن العمل .

فالجاذبية قوة ، وتعرف القوة بأنها شيء يمكن أن يكسب الكتلة عجلة . وهذا هو فرضاً ، الدور الرئيسى للجاذبية — وهو ما تصنعه هى على الدوام فى كل ركن من أركان الكون .

ونحن أنفسنا قد تعودنا على قوى الجاذبية عن طريق إظهارها الإحساس بالوزن . وفى واقع الأمر لا يحدث هذا النوع من الإظهار إلا فى حالات خاصة عندما يمنع جسم من الاستجابة لقوى الجاذبية عن طريق الحركة بعجلة (وبهذه المناسبة نعنى — الحركة بعجلة أنها الحركة التى تتغير على الدوام إما فى سرعتها وإما فى اتجاهها وإما فيهما معاً) .

وأعم الطرق التى يمكن أن نمثل بها الحركة بعجلة ، هى بجعل

* أى فى حالة انعدام الوزن . (المترجم) .

الجسمين اللذين توجد بينهما قوى الجاذبية متماسين بحيث لا يستطيع أحدهما الحركة بالنسبة إلى الآخر تحت شد قوى الجاذبية وحدها. فأنت وأنا دائماً فى غالب الأمر نمس سطح الأرض، ولهذا السبب تعلمنا النظر إلى الجاذبية على أنها قبل كل شىء تتعلق بالوزن.

ومع ذلك فنحن نعيش مع العجلة كذلك. احمل كتاباً على مستوى الذراع ثم اتركه طليقاً تجد أن قوى الجاذبية تعبر فى الحال عن نفسها فى صورة العجلة، لأن الكتاب ينطلق بعجلة فى اتجاه مركز الأرض ويستمر هكذا حتى يعترض سبيله سطح الكوكب فلا يستطيع التحرك أكثر من ذلك.

والقمر فى دورانه حول الأرض يخضع لحركة تسارعية، نظراً لأن حركته فى قطاع ناقص (اهليلج)، معناه تغيير الاتجاه على الدوام فيكمل ٣٦٠° كاملة فى ٢٧,٣٢ يوماً. (وهو كذلك يغير من سرعته باستمرار ولكن بدرجة أقل نسبياً). أما ديونى فهو تحت قبضة جاذبية أكبر مما يجعل عجلة حركته أكبر، فنجده يغير اتجاهه بسرعة بحيث يلف ٣٦٠°، كما قلت: فى ٢,٧٤ يوم فقط.

وأى جسم مثل الكتاب أو القمر الصناعى عندما يستجيب لقوى الجاذبية عن طريق الحركة الطليقة التسارعية يقال إنه فى حالة «تساقط حر». وكلمة طليقة فى الجملة السابقة هى بمثابة القوس فى اتجاه مقاومة الهواء. فالكتاب الساقط من يدك يلزم أن يتحرك فى فراغ تام من أجل

أن يكون فى حالة « تساقط حر » .

وعندما يتحرك جسم مستجيباً لقوة من قوى الجاذبية ، بالإضافة إلى سرعة منتظمة (من غير عجلة) مركبة على حركته يبقى فى حالة « تساقط حر » . فالقذيفة التى استنفدت شحنتها ، عندما تتحرك فى اتجاه يكاد يضاد اتجاه عمل أو تأثير الجاذبية ، أو القمر الصناعى (منه عينات مختلفة الصنع) عندما تكون مرحلة صاروخه قد انتهت وراحت ، وصارت حركته فى جملتها متعامدة على اتجاه الحركة التى تفرضها الجاذبية — كلاهما يظل فى حالة من التساقط الحر .

والجسم الذى فى حالة التساقط الحر تماماً يكون مستجيباً للجاذبية قدر طاقته . وليس له استجابة باقية — إذا صح هذا التعبير — يمكن أن تظهر على هيئة وزن . وعلى ذلك فإن الجسم الذى فى حالة التساقط الحر ليس له وزن . فرجل الفضاء الذى يدور حول الأرض داخل قمر صناعى يبقى عديم الوزن ما دام فى مساره . وقد بقى حرمان تيتوف من غير وزن بهذه الطريقة يوماً كاملا ، ولهذا السبب إذا ما انكسر (كابل) أحد المصاعد وتساقط حراً طليقاً وشاء سوء حظك أن تكون أنت فيه فإنك تصبح عديم الوزن لعدة ثوان (بصرف النظر عن مقاومة الهواء وآثارها) ، تماماً كأى رجل يسبح فى مسار فى الفضاء الخارجى .

وإذا ما سقطت أنت بعجلة أكبر من عجلة الجاذبية (كما هى الحال فى الطائرات المنقضة) فإنك تشعر « بوزن سالب » . فداخل مثل هذه الطائرات المنقضة يسقط المرء إلى أعلى بسرعة متزايدة (بالنسبة

إلى الطائرة) ما لم تكن مربوطًا إلى مقعدك . وهذا نوع من أنواع « الجاذبية المضادة » قد لا يكون مفيداً إلا أنه على الأقل موجود وقائم .

وعند حساب قوى الجاذبية على أبعاد متباينة من الأرض وعلى أسطح الكواكب المختلفة عمدت إلى مقارنتها بشدة قوى الجاذبية عند سطح الأرض التي وضعتها تساوى الواحد الصحيح .

ولكن من السهل واليسير أن نقيس القيمة الفعلية لقوى الجاذبية عند سطح الأرض. فنظراً لأن القوى تقاس بقيم العجلات التي تولدها . فإنه ليس علينا إلا أن نقيس عجلة جسم يسقط . مثلا من قمة مبنى الأمبير ستيت إلى الأرض تحت تأثير الجاذبية . ولقد وجدت هذه العجلة ومن ثم قيمة قوى الجاذبية (عند خط الاستواء ، على مستوى سطح البحر بعد التصحيح لتأثير مقاومة الهواء) تساوى ٩٨٠٫٦٦٥ سنتيمتراً فى الثانية. أو باستخدام الوحدات المألوفة* ٣١٫٦ قدمًا فى الثانية .

ومعنى ذلك أنه إذا ما رفعت خزانة مكتب ما إلى علو ٥٠٠٠ قدم فوق سطح الأرض ثم تركت وشأنها فإنها تسقط بمعدل قدره ٣١٫٦ قدما فى الثانية بعد ثانية ، وضعف هذا القدر (أى ٦٣٫٢ قدماً فى الثانية) بعد ثانيتين . وثلاثة أمثال هذا القدر (أى ٩٤٫٨ قدمًا فى الثانية) بعد ثلاث ثوان . وهكذا يزداد معدل سقوطها بانتظام بمضى الزمن (هنا وفى غير هذا الوضع من الباب تجدنى أهمل مقاومة الهواء التى تعمل فى الاتجاه المضاد ، وهى مصدر من مصادر المضايقة ولا لزوم للخوض فيها) .

---

* مألوفة لدى الأمريكيين والإنجليز. (المترجم) .

والمعادلة التى تربط بين المسافة (ف) التى يسقطها جسم ما فى زمن معين (ن) تحت تأثير عجلة الجاذبية د هى :

$$ف = \frac{١}{٢} دن^{٢} \qquad \text{المعادلة رقم (٦)}$$

وقيمة د هى بطبيعة الحال ٣١,٦ . وعندما يسقط جسم خلال مسافة قدرها ٥٠٠٠ قدم فوق سطح الأرض تكون ف = ٥٠٠٠ . وبالتعويض عن هذه القيم فى المعادلة رقم (٦) يمكن حلها لإيجاد قيمة ن . ومنها يتضح أن خزانة المكتب تستغرق من الزمن ١٧,٨ ثانية قبل أن ترتطم بسطح الأرض . وفى لحظة التماس مع الأرض تكون متحركة بسرعة قدرها ١٧,٨ × ٣١,٦ أو ٥٦٢,٥ قدماً فى الثانية (أو ٠,١٠٦ من الأميال فى الثانية) .

وبهذه المناسبة لا يهم إذا كنا نستخدم كرة الجولف أو خزانة مكتب فى اختيارنا للجسم الساقط . فإن القصور الذاتى لأى جسم إنما يتناسب طردياً مع كتلته . ومعنى ذلك أن وزناً قدره رطلان ليكتسب عجلة بمعدل معين نجده يأخذ ضعف القوة اللازمة لجسم وزنه رطل واحد ليكتسب نفس العجلة . ولكن قوى الجاذبية تتغير كذلك مع كتلة الجسم الساقط . فالجسم الذى وزنه رطلان تجذبه الأرض بقوة تساوى ضعف القوة التى تجذب بها الأرض جسماً وزنه رطل واحد . وبتعميم ذلك يمكنك أن تتبين أن النتيجة الأخيرة هى أن كافة الأجسام ، مهما كانت كتلها ، تخضع لنفس العجلة فى مجال معين من مجالات الجاذبية . وتأثير مقاومة الهواء على الأجسام الخفيفة ، التى على غرار الريش ، وأوراق الشجر ، تعمل على ضياع معالم تلك الحقيقة . كما جعلت

أرسطو يضل الطريق — بأن اعتقد أن الوزن الذى قدره رطلان يسقط بعجلة تبلغ ضعف عجلة جسم يزن رطلا واحداً — وكذلك كل من اتبعوه إلى وقت غاليليو .

وأرقام التساقط تحت الجاذبية هى عينها فى الاتجاه العكسى ، فإذا ما أطلقت قذيفة من مدفع مباشرة إلى أعلى ضد الجاذبية الأرضية بسرعة قدرها ١٠٦,٠ من الأميال فى الثانية لحظة مغادرتها فوهة المدفع فإنها سوف تنطلق إلى أعلى (وتقل سرعتها على الدوام) لمدة ١٧,٨ ثانية حتى تصل إلى ارتفاع ٥٠٠٠ قدم قبل أن تسكن وتبدأ فى التساقط .

وإذا ما رفعت خزانة المكتب السابقة الذكر إلى علو ٢٠٠٠٠ قدم بدلا من ٥٠٠٠ قدم فإن زمن التساقط سوف يكون ٣٥,٦ ثانية . كما تصل سرعتها النهائية إلى ٢١٢,٠ من الميل فى الثانية . وإذا ما أطلقت قذيفة المدفع بسرعة ابتدائية قدرها ٢١٢ر٠ من الميل فى الثانية — تستطيع أنت أن تعرف الارتفاع الذى تصل إليه من غير أن أخبرك .

وينتج على وجه عام من المعادلة رقم (٦) بأن كلا من زمن التساقط والسرعة النهائية لجسم ساقط يتناسب طردياً مع الجذر التربيعى لمسافة التساقط ، بفرض قدر ثابت للعجلة د . ويبدو إذاً أن السرعة النهائية للتماس بين خزانة المكتب والأرض يمكن أن تزاد إلى أى قدر تريده — بجعل الخزانة تسقط من ارتفاعات متزايدة فوق سطح الأرض .

ولكن هناك عقبة . فقد قلت إننا يجب أن نفترض « قيمة ثابتة للعجلة د » وهذا هو عين ما لا نستطيع عمله .

إن قيمة د تتغير بالبعد عن مركز الأرض . كما وضحت سابقاً .
فعندما نرفع خزانة المكتب أو قذيفة المدفع مسافة قدرها ٥٠٠٠ قدم ، أو حتى ٢٠٠٠٠ قدم ، فوق سطح الأرض . نجد أن البعد عن مركز الأرض لا يتغير بشكل ظاهر أو درجة كافية بحيث نستطيع عمل حساباتنا كأنما د ثابتة .

ولكن لنفرض أنه كان عليك أن تطلق الجسم من فوق علو ٣٩٥٠ ميلا فوق سطح الأرض . فهناك على ذلك الارتفاع تبلغ قيمة د ٠,٢٥ فقط من قيمتها على السطح ، وعلى ذلك تكون العجلة التى تؤثر على جسم ما هناك هى فقط ٠,٢٥ من قيمة العجلة التى عندنا هنا على السطح.

ولزيادة الإيضاح ، نقول : إن قيمة د تتزايد كلما سقط الجسم حتى تصل إلى قمتها الكاملة لحظة مرورها بنقطة الارتطام مع سطح الأرض . وعلى أية حال فإن الجسم يستغرق ليكمل أو يتم تساقطه زمناً أكبر يزيد على الزمن الذى يستغرقه إذا ما كانت قيمة د كاملة وتساوى الوحدة على طول الطريق إلى أسفل ، كما أنها لا ترتطم بالسطح بسرعة عالية تضارع تلك السرعة التى يرتطم بها عندما تكون د تساوى الوحدة على طول المسافة إلى أسفل .

وكلما أضفنا ألف ميل إلى الارتفاع أعلى سطح الأرض نقصت السرعة النهائية ، وتكون النتيجة عبارة عن متوالية متجمعة ، بحيث يضاف عدد لا نهائى من الحدود الآخذة فى الصغر لتعطى مجموعاً محدوداً .
والمجموع المحدود فى حالة الأجسام الساقطة نحو الأرض هو ٦,٩٨ أميال

فى الثانية . ويعنى ذلك أنه إذا ما تساقطت خزانة مكتب ، أو أى شىء آخر ، من أى بعد مهما بلغ من الكبر فإن سرعتها النهائية عندما ترتطم بالأرض لن تزيد قط عن ٦,٩٨ أميال فى الثانية .

ويمكن أن نطلق على هذا الرقم اسم « الحد الأعظم لسرعة السقوط النهائية » . إلا أنه لا يسمى كذلك لأن الناس يفضلون النظر إليه عكسيا . فإذا ما أطلقت قذيفة مدفع أو سفينة فضاء أو أى شىء آخر مباشرة إلى أعلى بسرعة قدرها ٦,٩٨ أميال فى الثانية (أو أكثر) فإنها سوف تستمر فى حركتها إلى الفضاء إلى ما شاء الله ، إذا لم ندخل مجالات جذب أخرى (ولما كان التساقط حتى من مسافة لا نهائية فى الكبر لا يولد سرعة أكبر من ٦,٩٨ أميال فى الثانية فكذلك الحال فى الاتجاه العكسى . فإن سرعة ابتدائية قدرها ٦,٩٨ أميال فى الثانية أو أكثر لا يمكن على الإطلاق وصولها إلى الصفر بفعل مجال جاذبية الأرض ، حتى إذا ما استمر الجسم فى تحركه إلى الأبد) .

وعندما يرسل جسم إلى الخارج بهذه الطريقة لن يعود إلى الأرض (التى تعمل على التقليل من سرعته على الدوام) . وإنما يكون قد أفلت من الأرض ذاتها .

وعلى ذلك فإن السرعة ٦,٩٨ أميال فى الثانية هى « سرعة الإفلات من الأرض . وتتغير سرعة الإفلات بتغير كتلة الجرم الذى يجذب والبعد عن مركزه على النحو الآتى :

$$ع = ٦,٩٨ \sqrt{\frac{ف}{ك}}$$ المعادلة رقم (٧)

حيث ع هى سرعة الإفلات أو الهروب .

، ك هى كتلة للجسم الذى يجذب لوحدات « الكتلة الأرضية » .

، ف فى هذه الحالة تدل على المسافة من مركز الجسم الذى يجذب مقدرة بوحدات « نصف القطر الأرضى » . أما المعامل ٦,٩٨ فهو يسمح بحساب قيمة سرعة الهروب بالميل فى الثانية .

فمثلا القمر كتلته تساوى ٠,٠١٢٣ « كتلة أرضية » . وعلى سطحه يكون البعد عن المركز ٠,٢٧٣ « نصف قطر أرضى » ، وعلى ذلك تكون سرعة الإفلات من سطح القمر هى :

$$٦,٩٨ \times \sqrt{\frac{٠,٠١٢٣}{٠,٢٧٣}} = ١,٤٩$$ ميل فى الثانية .

ويمكن بهذه الطريقة حساب سرعة الإفلات من على سطح أى جرم فى المجموعة الشمسية ، وتمثل نتائج هذا الحساب فى الجدول رقم (٣)

احتياط واحد : تستخدم سرعة الهروب فقط للإفلات من كوكب من الكواكب حيث تعالج مسائل الطيران غير المتأثر بقوى (كالقذائف). فإذا ما كنت داخل سفينة فضاء تعمل تحت تأثير قوى ثابتة ، فإنك تستطيع أن تتحرك عبر أية مسافة محدودة من الأرض بأية سرعة أقل من سرعة الإفلات ولكن أكبر من الصفر ، بشرط أن يتوافر لك الوقود الكافى (وبنفس الطريقة ليس فى مستطاعك أن تقفز إلى نافذة فى الدور الثانى بقفزة واحدة ما لم يبلغ الدفع الأصلى لعضلات ساقيك ضد الأرض الكبر أو الحد الكافى — الذى يفوق ما يمكن أن تعمله — ولكنك

جدول رقم (٣) قيم سرعة الإفلات (الهروب) من أسطح أجرام السماء في المجموعة الشمسية

الجسم الفلكى	الكتلة كتلة أرضية	نصف القطر الأرضى	سرعة الهروب بالميل فى الثانية
المشتري (قطب)	٣١٨,	١٠,٥	٣٨,٤
المشتري(خط الاستواء)	٣١٨,	١١,٢	٣٧,٣
زحل (القطب)	٩٥,٢	٨,٥	٢٣,٤
زحل (خط الاستواء)	٩٥,٢	٩,٥	٢٢,١
نبتون	١٧,٣	٣,٤	١٥,٨
أورانوس	١٤,٥	٣,٧	١٣,٩
الأرض	١,٠	١,٠	٦,٩٨
المريخ	٠,١١	٠,٥٢٥	٣,٢٠
عطارد	٠,٠٥٤	٠,٣٨٠	٢,٦٤
جانيميد	٠,٠٢٦	٠,٣٩٥	١,٨٠
القمر	٠,٠١٢٣	٠,٢٧٣	١,٤٩

على أية حال يمكنك أن تصعد على قدميك درجتين من (السلالم) ببطء حسبما تشاء) .

ومع ذلك فإن الهروب من الأرض قد لا يكون هروبًا تامًّا ، فكما سبق أن قلت ، إن الجسم المنطلق من الأرض بسرعة أكبر من سرعة

الهروب يندفع بعيداً إلى الأبد « إذا لم يكن هنالك تدخل من مجالات الجذب الخارجية » .

ولكن ، بالطبع ، هناك الكثير من التدخل . خذ أمر الشمس مثلا ، وهو أمر لم نأخذه فى الاعتبار حتى الآن .

تبلغ كتلة الشمس ٣٣٠,٠٠٠ وحدة من وحدات « الكتل الأرضية » كما يبلغ نصف قطرها ١٠٩ « نصف قطر أرضى » . وعندما نستخدم المعادلة رقم (٧) نجد أن سرعة الهروب من سطح الشمس هى ٣٨٥ ميلا فى الثانية على التمام .

ومهما يكن من شىء فإن المسافة من الأرض إلى مركز الشمس هى ٢٣٠٠٠ « نصف قطر أرضى » . وعندما نعوض بهذه القيمة عن قيمة (ف) فى المعادلة رقم (٧) ونضع ك = ٣٣٠,٠٠٠ « كتلة أرضية » ، نجد أن سرعة الإفلات من الشمس من على مسافة تساوى بعد الأرض هى ٢٦٫٤ ميلا فى الثانية .

وتبلغ هذه القيمة أربعة أضعاف سرعة الإفلات من الأرض نفسها ، وفى معنى آخر أن أية قذيفة تقذف من الأرض بسرعة ٦٫٩٨ ميلا فى الثانية قد تتحرر من قبضة الأرض فى الوقت الذي يتوقف فيه دفع الصاروخ ، إلا أنها لا تكون قد تحررت وأفلتت من قبضة الشمس لها . وبهذا لن تستمر فى ابتعادها إلى الأبد ، ولكنها تأخذ مسارا من حول الشمس .

ولكى يهرب جسم ما من المجموعة الشمسية كلية يجب أن تكون

سرعة انطلاقه أو قذفه ٢٦,٤ ميلا فى الثانية على الأقل . ولكن فى الحقيقة ليس علينا فى حالة التحليق تحت تأثير القوة أن نحصل على سرعة الإفلات ، بل إن كل ما علينا هو أن نترك الآلة تعمل . وعلى أية حال فإن سرعة الإفلات ما هى إلا قياس لمقدار الطاقة التى يجب استخدامها من أجل كسر وتحطيم سلاسل الجاذبية بأية طريقة . وهكذا يمكنك أن تتبين أن الذى يظلم الطريق إلى النجوم هو قضبان السجن الشمسى ، تلك القضبان التى تفوق إلى حد كبير ما تتصوره من سياج الأرض وقضبانها .

وعزاؤنا الوحيد فى ذلك هو ، فى وقتنا الحاضر ، أن القمر والكواكب تكفى للتحدى . ويمكن للنجوم أن تتريث .

٥ ـ حول الإمساك والهروب

منذ ٢ يناير ١٩٥٩ أطلق الاتحاد السوفييتي والولايات المتحدة عدداً من القذائف تتميز بأمور ثلاثة هي :

١ ـ وصلت إلى فلك القمر وتعدته .

٢ ـ لم يمسكها القمر ، أي إنها لم تتخذ لها مسارات مقفلة من حول القمر وحده .

٣ ـ أخذت لها مسارات مقفلة حول الشمس وصارت كواكب* صناعية .

ويعن لى أن أناقش كل نقطة من هذه النقط على حدة .

أولا ما الذى يلزم للوصول إلى مسار القمر بوساطة القذائف (الباليستيكية) ؟ (القذيفة الباليستيكية هى أى قذيفة تأخذ عند الابتداء دفعاً من أى نوع ثم تترك لتتحرك تحت تأثير قوى الجاذبية فقط)**

وإذا ما أطلقت مثل هذه القذيفة رأسياً إلى أعلى (أى بحيث تبتعد مباشرة عن مركز الأرض) ، فإن النهاية العظمى للارتفاع الذى تصل إليه تتوقف على : (ا) مدى قوة الدفع الأصلى إلى أعلى . (ب) قوة جذب الأرض إلى أسفل .

---

* لاحظ أن القمر يتبع الكوكب . أما الكوكب فيتبع الشمس أو يدور من حولها (المترجم) .

** أى تصبح حرة التساقط (المترجم) .

وبطبيعة الحال كلما عظم الدفع الأصلى زاد الارتفاع الذى تصل إليه . وأنت قد تتوقع أن تجد مضاعفة الدفع الأصلى تضاعف بدورها الارتفاع الذى تصل إليه القذيفة ، إلا أن هذا القول فيه تفاؤل أكثر من اللازم. فهذا ممكن لو أن قوى الجاذبية ظلت ثابتة على طول الطريق إلى أعلى ، إلا أن ذلك ليس هو الحال . فكلما ازداد الارتفاع الذى تصل إليه القذيفة ضعفت قبضة الجاذبية الواقعة عليها . وعلى ذلك فإن النصف الثانى من تسلقها يلقى مقاومة أقل ، ومن ثم يستطيل هذا النصف من المسار .

وينتج من ذلك أن مضاعفة الدفع الأصلى تجعل القذيفة تصل إلى أكثر من ضعف النهاية العظمى للارتفاع . وكلما زدت من قيمة الدفع الأصلى عظم الارتفاع الذى تصل إليه القذيفة وازداد .

ويعطى الجدول رقم (١) النهاية العظمى للارتفاع الذى يمكن أن تصل إليه القذيفة لعدد من السرعات الأصلية المختلفة . والسرعة الأصلية عبارة عن مقياس لقوى الدفع الأصلى الذى تتأثر به القذيفة . (وطبعاً هنالك عوامل تعقد الموضوع مثل مقاومة الهواء ، وحقيقة أن دفع محركات الصاروخ لا يتم التأثر به فى نفس الوقت ، ولكنه يوزع على عدة دقائق وهكذا ... ولما كنا جميعاً أصدقاء هنا ، فإننى أستغل فرصة تجاهل مثل هذه الأمور ، وأتركها إلى مهندسى القذائف ، فهى أجدر بهم ، وهم أكثر منا ترحيباً بها) .

لاحظ السرعة الفائقة التى تتزايد بها النهاية العظمى للارتفاع ،

خصوصاً لقيم السرع التي تزيد على ٦ أميال في الثانية ، أو ٢١٦٠٠ ميل في الساعة إذا كنت تفضل ذلك (إنني طالما فضلت استخدام « الميل في الثانية » كوحدة للسرعات الكبرى ، ولكن لشعب من سائقي السيارات يبدو له أن استخدام « الميل في الساعة » هو أقرب إلى الأمر الطبيعي من غيره . وبالإضافة إلى ذلك فإن الجرائد وما على شاكلتها من مصادر الأنباء لا تستخدم غير « الميل في الساعة » . وربما ترجع علة ذلك إلى ما تتضمنه (هذه الوحدة) من أرقام أكبر وأضخم . ولهذا فإنني سوف أستخدم الوحدتين هنا ، إلا أنني أحب أن أحذرك بأنه على الرغم من أن الـ ٢١٦٠٠ ميل في الساعة قد تبدو أضخم من ٦ الأميال في الثانية ، إلا أن الاثنين متساويان تماماً) .

والقذيفة التي تترك الأرض بسرعة ابتدائية قدرها ٦,٩٢ أميال في الثانية (٢٤٩١٢ ميلا في الساعة) تصل إلى ارتفاع ٢٢٠,٠٠٠ ميل قبل أن تسكن وتبدأ في الهبوط . وتعادل هذه المسافة تماماً بعد القمر عندما يبلغ أقرب مسافة له من الأرض (الحضيض) .

فإذا ما صادف ، على أية حال ، وتركت القذيفة الأرض بسرعة قدرها ٦,٩٠ أميال في الثانية (٢٤٨٤٠ ميلا في الساعة) تصل إلى بعد ٥٠,٠٠٠ ميل من القمر . ويعني فرق قدره ٠,٠٢ من الميل في الثانية (٧٢ ميلا في الساعة) عند الابتداء فرقاً في النهاية قدره ٥٠,٠٠٠ ميل .

ولهذا السبب فإنه عندما كانت محاولاتنا الأولى للوصول إلى القمر

تصل بنا إلى ثلث المسافة إليه لم يكن ذلك يعنى أننا لم نصل إلا إلى ثلث السرعة اللازمة فقط . وفى واقع الأمر أننا كنا قد وصلنا إلى أكثر من ٩٨ فى المائة من قيمة السرعة المطلوبة . والذى يحمل القذيفة عبر ما تبقى من ثلثى المسار إلى القمر هوفى الواقع آخر واحد فى المائة أو نحو ذلك من السرعة .

وبالرجوع إلى الجدول رقم (١) نرى أن القذيفة التى تترك الأرض بسرعة ٦,٩٨ أميال فى الثانية (٢٥١٣٠ ميلا فى الساعة ، أو ما يقرب من ٢١٦ ميلا فى الساعة أكبر من السرعة اللازمة للوصول إلى مسار القمر) ليس لها نهاية عظمى فى الارتفاع . وإذا أحببت فإن أكبر ارتفاع لها لا نهائى ، وهو الذى يرمز له بالرمز ∞ فى الجدول . وسوف تنطلق مثل هذه القذيفة متباعدة عن الأرض إلى الأبد ، بفرض عدم وجود تداخل من مجالات جذب الأجرام الأخرى . ولهذا السبب تسمى السرعة ٦,٩٨ أميال فى الثانية (٢٥١٣٠ ميلا فى الساعة) باسم « سرعة الإفلات » من سطح الأرض .

تصور قذيفة تركت سطح الأرض بسرعة الإفلات تماماً ، ففى أثناء ابتعادها عن الأرض تتناقص سرعتها متناسبة تناسباً عكسياً مع الجذر التربيعى لبعدها من مركز الأرض (عندما تصبح المسافة أربعة أمثال قيمتها الأصلية تكون السرعة قد تناقصت إلى النصف) ، ويبين الجدول رقم (٢) هذه النتيجة .

وتعمل جاذبية الأرض باستمرار على تقليل سرعة القذيفة ، إلا أنه

جدول رقم ١

السرعة الأصلية للقذيفة (ميل فى الثانية)	(ميلا فى الساعة)	النهاية العظمى للارتفاع فوق سطح الأرض (بالميل)
١	٣٦٠٠	٨٠
٢	٧٢٠٠	٣٥٠
٣	١٠٨٠٠	٩٠٠
٤	١٤٤٠٠	١٩٤٠
٥	١٨٠٠٠	٤١٨٠
٥,٥	١٩٨٠٠	٦٤٥٠
٦	٢١٦٠٠	١١١٠٠
٦,٥	٢٣٤٠٠	٢٥٨٠٠
٦,٦	٢٣٧٦٠	٣٤٣٠٠
٦,٧	٢٤١٢٠	٤٦٣٠٠
٦,٨	٢٤٤٨٠	٧٣٦٠٠
٦,٨٥	٢٤٦٦٠	١٠٢٨٠٠
٦,٩٠	٢٤٨٤٠	١٧٠٠٠٠
٦,٩٢	٢٤٩١٠	٢٢١٠٠٠
٦,٩٥	٢٥٠٢٠	٤٥٤٠٠٠
٦,٩٨	٢٥١٣٠	ما لا نهاية (∞)

كلما ازدادت المسافة قلت قوى الجاذبية ، وعملت الجاذبية المتناقصة على الحد من السرعة بمعدلات تتناقص على التدريج . وعلى ذلك تقترب

السرعة رويداً من الصفر بابتعاد القذيفة عن الأرض ، إلا أنها لا تصل إلى الصفر تماماً .

وإذا كانت القذيفة قد أطلقت بسرعة تقل عن سرعة الإفلات ، فإن جاذبية الأرض تكفى لجعل سرعة القذيفة صفراً على بعد محدود ، وبذلك تتساقط القذيفة راجعة إلى الأرض . أما إذا انطلقت القذيفة بسرعة أكبر من سرعة الإفلات ، فإن سرعتها تتناقص وتتناقص بازدياد المسافة ، إلا أنها لن تصل إلى أقل من حد معين أكبر من الضعف مهما بلغت سرعة إطلاقها . (كل هذا بفرض عدم وجود مجالات جاذبية أخرى فى الكون تعقد الأمور) .

ولنعبر عن ذلك بطريقة أخرى : تتبع القذيفة التى تترك الأرض بسرعة أقل من سرعة الإفلات مساراً على هيئة القطع الناقص (إهليلج) والقطع الناقص عبارة عن منحن مقفل ، وبذلك لن ترحل القذيفة أكثر من بعد معين عن الأرض . وإذا حدث أن قطع القطع الناقص سطح الأرض فإن القذيفة ترتطم بالأرض بمجرد أن تتم أول دورة لها . كما فعلت أول قذائفنا للقمر . وإذا لم يقطع القطع الناقص الذى تتبعه القذيفة فى مسارها سطح الأرض، فإن النتيجة تكون قمراً صناعياً .

والقذيفة التى تترك الأرض بسرعة تساوى تماماً سرعة الهروب تأخذ مساراً على هيئة القطع المكافئ (بارابولا) . والقطع المكافئ هذا عبارة عن منحن مفتوح لا يعود ليلتقى بنفسه مرة أخرى . وعلى ذلك فإن أى جسم يترك الأرض فى مسار على هيئة القطع المكافئ لا يعود قط بغض

جدول رقم (٢)

المسافة من مركز الأرض (ميل)	سرعة القذيفة المنطلقة بسرعة الإفلات (ميلا فى الثانية)	(ميلا فى الساعة)
٤٠٠٠ (سطح الأرض)	٦,٩٨	٢٥١٣٠
٨٠٠٠	٤,٩٣	١٧٨٠٠
١٢٠٠٠	٤,٠٤	١٤٥٠٠
١٦٠٠٠	٣,٤٩	١٢٥٥٠
٢٠٠٠٠	٣,١٢	١١٢١٠
٤٠٠٠٠	٢,٢١	٧٩٥٠
٨٠٠٠٠	١,٥٦	٥٦١٠
١٢٠٠٠٠	١,٢٧	٤٥٧٠
١٦٠٠٠٠	١,١٠	٣٩٦٠
٢٢١٠٠٠ (القمر فى الحضيض)	٠,٩٥	٣٤١٠
٢٥٣٠٠٠ (القمر فى الأوج)	٠,٨٨	٣١٦٠
٤٠٠٠٠٠	٠,٧٠	٢٥١٠
١٠٠٠٠٠٠	٠,٤٤	١٥٨٠
	٠,٠٠	٠

النظر عن تداخل قوى الجاذبية لأجرام السماء الأخرى .

وإذا ما تركت قذيفة الأرض بسرعة أكبر من سرعة الإفلات فإنها تتبع فى مسارها قطعاً زائداً (هيبربولا) . والقطع الزائد هو أيضاً منحن

مفتوح ولكن بدرجة أكبر من القطع المكافئ – إذا صح هذا التعبير – وعلى ذلك فلن تعود القذيفة مرة أخرى .

وبالرجوع الآن إلى الجدول رقم (٢) (قد يتعقد الوضع إلا أننى أحاول أن أخرج على مهل بجانب من البينة التى أرجو أن تكون لها فائدة) أحب أن أظهر الأهمية العظمى لعمود « السرعة » ، فإن سرعة القذيفة التى بدأت بسرعة الإفلات تظل على قيمتها طول الطريق .

ولتوضيح ذلك نقول إن السرعة الفعلية للقذيفة تتناقص على الدوام بازدياد بعدها عن الأرض ، وهذا هو عين ما يحدث لسرعة الإفلات ، فهى تتناقص بنفس المعدل على طول الطريق ، إذ أنها كذلك تتناسب تناسبًا عكسيًّا مع الجذر التربيعى للمسافة أو البعد عن الأرض .

لنفرض أنه كان عليك أن تبدأ رحلتك من على مسافة ٨٠٠٠ ميل من مركز الأرض ، وهى تعادل تمامًا ٤٠٠٠ ميل فوق سطح الأرض. (تصور فى معنى آخر أنك كنت على قمة جبل – خيالى – ارتفاعه ٤٠٠٠ميل) .فهناك تكون قوة جذب الأرض ربع قيمتها فقط بالنسبة إلى قيمتها عند سطح البحر . وسوف تقل قبضة الأرض للقذيفة إلى هذا الحد بحيث إنه يلزمها سرعة صغيرة للخروج بها إلى مسار على هيئة قطع مكافئ . وعلى وجه التحديد فإنه تكفى لذلك سرعة قدرها ٤,٩٣ أميال فى الثانية (أو ١٧٨٠٠ ميل فى الساعة) .

ومن على جبل علوه ٨٠٠٠٠ ميل تكفى سرعة ابتدائية قدرها ١,٥٦ ميل فى الثانية (٥٦٢٠ ميلا فى الساعة) ، كما أنه من على جبل ارتفاعه

١٠٠٠٠٠٠ميل تكفى لهذا الغرض سرعة قدرها ٠,٤٤ من الميل فى الثانية (١٥٨٠ ميلا فى الساعة) .

ولكن على بعد غير نهائى من الأرض ، بالغ من الكبر ما يبلغ ، تصبح سرعة الإفلات صفرا . وعلى بعد معين يبدأ الجسم الذى فى حالة السكون تماما بالنسبة إلى الأرض فى التحرك نحوها مستجيبا فى ذلك إلى قبضة جاذبيتها — بفرض عدم تدخل مجالات جذب أخرى . ولكى نحول دون سقوط الجسم إلى الأرض يلزم استخدام دفع مضاد له قيمة معينة ، وربما بلغت قيمة هذا الدفع قيمة متناهية فى الصغر إذا كانت المسافة عظيمة ، ومهما يكن من شىء فإن نوعًا من هذا الدفع لا غنى عنه .

وكل هذا صحيح بالنسبة إلى القذيفة (أو شهاب عابر) التى تمر بالقرب من الأرض من نقطة فى الفضاء الخارجى .

لنفرض أن شهابًا مر بالقرب من الأرض على بعد ١٢٠٠٠ ميل من مركزها ، وكانت سرعته (بالنسبة إلى الأرض) أقل من ١,٢٧ ميل فى الثانية (٤٥٧٠ ميلا فى الساعة) ، فنظرا لأن سرعة الشهاب أقل من سرعة الإفلات عند نقطة الاقتراب من الأرض فإنه يجبر على أخذ مسار على هيئة قطع ناقص حول الأرض . وهكذا يقع فى قبضتها .

وإذا ما كانت سرعته ١,٢٧ ميل فى الثانية تمامًا (٤٥٧٠ ميلا فى الساعة) فإننا نجده يأخذ مساراً على هيئة قطع مكافئ . أما إذا زادت سرعته فإن المسار يصبح قطعًا زائداً ، وفى كل من هاتين الحالتين الأخيرتين يتغير اتجاه سيره فينحنى من حول الأرض بدرجة أكبر ، ولكنه لن

يمسك ، ويسرع مبتعداً إلى الفضاء لكيلا يعود مرة أخرى .

وبالطبع تكون الأرض بمثابة بؤرة لأى من القطع المكافئ أو القطع الزائد . وإذا ما وجه الشهاب بحيث إن مساره الجديد يمر على بعد ٤٠٠٠ ميل من سطح الأرض فإنه سوف يقطعه . وبهذه الطريقة يدخل الشهاب جو الأرض ويحترق حتى يفنى . وعلى أية حال اصطدامه بالأرض ليس على شاكلة وقوعه فى قبضة الأرض .

ولما كانت سرعة الإفلات تزداد بنقص البعد عن الأرض ، فإن احتمال وقوع الشهاب فى قبضة الأرض يزداد كلما مر قريباً منها ويقل بالبعد عنها . والشهاب الذى يسير بسرعة ٣,١٢ أميال فى الثانية (١١٢١٠ أميال فى الساعة) بالنسبة إلى الأرض يقع تحت طائل قبضتها إذا ما مر بها على بعد أقل من ٢٠٠٠٠ ميل ، ولكنه يفلت منها إذا مر على بعد أكبر من ذلك . فتحت ٢٠٠٠٠ ميل تكون سرعته أقل من سرعة الإفلات ، أما فوق ذلك فإن سرعته تكون أكبر من سرعة الإفلات .

وكلما عظمت كتلة الكوكب ازدادت سرعة الإفلات منه على كافة الأبعاد ، وازداد احتمال مسكه للشهب العابرة والكويكبات . فالمشترى مثلاالذى تبلغ كتلته ٣١٨ مرة قدر كتلة الأرض له سرعة هروب على سطحه تبلغ ٣٧,٣ ميلا فى الثانية (١٣٤٠٠٠ ميل فى الساعة) . ولما كان سطح المشترى على بعد نحو ٤٠٠٠٠ ميل من مركزه فإن سرعة الإفلات المقابلة فى حالة الأرض هى فقط ٢,٢١ ميل فى الثانية (٧٩٥٠ ميلا فى الساعة) — وعلى مسافة قدرها ١٠٠٠,٠٠٠ ميل من

مركز المشترى تكون سرعة الإفلات هى ١٣,٢ ميلا فى الثانية (٤٧٥٠٠ ميل فى الساعة) بالنسبة إلى ٠,٤٤ من الميل فى الثانية (١٥٨٠ ميلا فى الساعة) على بعد مساو من الأرض .

وليس بالعجيب إذاً أن تعتبر السبعة التوابع الخارجية من الإثنى عشر تابعاً للمشترى بصفة عامة كويكبات سيارة وقعت فى قبضة جاذبيته . ولكن إذا ما كان الكوكب العظيم الكتلة أكثر نجاحاً فى إيقاع الأجرام الهائمة تحت قبضته ، فمن اللازم أن يكون الجسم الفلكى الأصغر كتلة أقل نجاحاً فى هذا الشأن . وينقلنا هذا إلى القمر الذى تبلغ كتلته $\frac{1}{18}$ من كتلة الأرض ، ولهذا فمن اللازم أن يكون من الأجرام الضعيفة جداً فى جذب الشهب وما على شاكلتها من القذائف وإيقاعها فى قبضته .

ولا تزيد سرعة الإفلات من سطح القمر على ١,٤٩ ميل فى الثانية (٥٣٦٠ ميلا فى الساعة) وتتناقص هذه السرعة بالطريقة العادية ، متناسبة تناسباً عكسياً مع الجذر التربيعى للمسافة من مركز القمر . ويعطينا الجدول رقم (٣) قيم سرعات الإفلات على أبعاد مختلفة من القمر .

ولكى يمسك القمر قذيفة ما على أى بعد يجب أن تمر به هذه القذيفة بسرعة أقل من سرعة الإفلات — على ذلك البعد . وأكثر من ذلك فإن السرعة المقصودة هى السرعة بالنسبة إلى القمر وليست السرعة بالنسبة إلى الأرض .

والقمر ، كما ترى ، يتحرك بسرعة قدرها نحو ٠,٦٢ من الميل فى

الثانية (٢٣٠٠ ميل فى الساعة) بالنسبة إلى الأرض . ولنفرض إذاً أن قذيفة أطلقت من الأرض بسرعة قدرها ٦,٩٢ أميال فى الثانية (٢٤٩١٢ ميلا فى الساعة) بحيث دخلت فلك القمر وبقيت معلقة خلال لحظة من اللحظات وهى عديمة السرعة (بالنسبة إلى الأرض) على بعد ٤٥٠٠ ميل من سطح القمر (٥٥٠٠ من مركزه) .

وعلى أية حال ، فالقمر إما أنه يبتعد عنها وإما أن يقترب ويدنو منها ، أو يمر على أحد جوانبها (ويتوقف ذلك على الوضع الفعلى للقذيفة بالنسبة إلى القمر) بسرعة قدرها ٠,٦٤ من الميل فى الثانية (٢٣٠٠ ميل فى الساعة) ، وعلى ذلك فهذا القدر هو عينه سرعة القذيفة بالنسبة إلى القمر . وهذه السرعة أكبر بقليل من سرعة الهروب من القمر على بعد ٥٥٠٠ ميل من مركزه .

ولو أن القذيفة أطلقت بسرعة ابتدائية أكبر بحيث تظل تتحرك بسرعة ما عندما تدرك فلك القمر ، فإن سرعتها بالنسبة إلى القمر سوف تكون أكبر كذلك .

وإذاً ينتج أن أية قذيفة تبتعد عن مركز القمر بمسافة قدرها ٥٥٠٠ ميل أو أكثر لا يمكن أن تقع فى قبضة القمر ، ولن تسبح فى فلك من حوله ، بصرف النظر عن مدى البطء الذى تتحرك به القذيفة . وقد تكون الحركات المتعاقبة بحيث تصطدم القذيفة بالقمر ، كما فعل القمر السوفييتى لونيك ٢ ، ولكن هذا شىء آخر . وقد ترتطم القذيفة بالقمر ولكن لا يمسكها القمر بمعنى أنها لا تأخذ مسارا مقفلاً من حوله .

جدول رقم (٣)

المسافة من مركز القمر (ميل)	سرعة القذيفة التى أطلقت من القمر بسرعة الإفلات (ميل فى الثانية)	(ميل فى الساعة)
١٠٠٠ (سطح القمر)	١,٤٩	٥٣٦٠
١٥٠٠	١,٢١	٤٣٦٠
٢٠٠٠	١,٠٦	٣٨٢٠
٢٥٠٠	٠,٩٤	٣٣٨٠
٣٠٠٠	٠,٨٦	٣١٠٠
٣٥٠٠	٠,٨٠	٢٨٨٠
٤٠٠٠	٠,٧٤	٢٥٦٠
٤٥٠٠	٠,٧٠	٢٥٢٠
٥٠٠٠	٠,٦٦	٢٣٧٥
٥٥٠٠	٠,٦٣	٢٢٧٠
	٠,٠٠	صفر

والقذيفة التى تطلق من الأرض بسرعة الإفلات تمر بالقمر (فى حالة الحضيض) بسرعة قدرها ٠,٩٥ من الميل فى الثانية (٣٤١٠ أميال فى الساعة) . وشكراً لحركة القمر وحدها التى تكون على وجه التقريب متعامدة على حركة القذيفة التى تصبح سرعتها بالنسبة إلى القمر ١,١٥ ميل فى الثانية (٤١٤٠ ميلا فى الساعة) . وهذه هى سرعة الإفلات

من القمر على بعد نحو ١٦٠٠ ميل من مركزه . وإذاً فبمثل هذه القذيفة يكون من الضرورى وقوعها على مسافة ٦٠٠ ميل من سطح القمر قبل أن يمسكها هذا الأخير وتدور فى مسار من حوله .

وعندما تطلق قذيفة من الأرض بسرعة ٧,٣٧ أميال فى الثانية (٢٦٥٠٠ ميل فى الساعة) تمر بالقمر بسرعة قدرها ١,٣٤ ميل فى الثانية (٤٨٢٠ ميلا فى الساعة) بالنسبة إلى الأرض ، ولكن بسرعة قدرها ١,٤٩ ميل فى الثانية (٥٣٦٠ ميلا فى الساعة) بالنسبة إلى القمر . وهذه هى سرعة الإفلات من القمر على سطحه . وعلى ذلك فإن أية قذيفة تطلق من الأرض بهذه السرعة أو بسرعة أكبر ، لن يمسكها القمر ، مهما دنت أو اقتربت منه ، حتى ولو راحت تمس سطحه (وإنى أكرر قولى إنه يمكن أن ترتطم بالقمر ، ولكن مرة أخرى أقول هذا شىء آخر) .

وعلى ذلك فإن حدود النجاح ضيقة حقاً . فالقذيفة يجب أن تطلق بسرعة لا تقل عن ٦,٩٢ أميال فى الثانية (٢٤٩١٠ أميال فى الساعة) ، وإلا فإنها لن تدرك القمر . كما أنه يجب أن تطلق بسرعة تقل عن ٧,٣٧ أميال فى الثانية (٢٦٥٠٠ ميل فى الساعة) ، وإلا فلن يمسكها القمر . وحتى بين هذه الحدود الضيقة من السرعة نجد أن الوقوع فى قبضة القمر غير محتمل إلا إذا مرت القذيفة على كثب منه ، ولا يعدو الخطأ فى ذلك نهاية عظمى قدرها ٤٥٠٠ ميل من سطح القمر ، وهذا القدر فى الطريق يتناقص سريعاً بالاقتراب من النهاية العليا للمستوى المسموح به .

وفى واقع الأمر نجد أن القذائف (البالستيكية*) يصعب وضعها فى فلك من حول القمر إلى الحد الذى يجعلنى أتساءل عما إذا كان من الصواب محاولة ذلك . وقد يكون من الأصوب ألا تجعل القذائف بالستيكية ، أى بجعل صاروخ نهائى يعمل بالراديو فى الوقت والاتجاه المناسبين لتقليل سرعة القذيفة بالنسبة إلى القمر بحيث تقع فى قبضته .

وهكذا نصل إلى النقطة الأخيرة التى أثرتها فى ابتداء المقال ، وهى الخاصة بالسؤال عن السبح حول الشمس .

وكما ذكرت فى مقالى عن اللحاق بنيوتن « تبلغ سرعة الإفلات من الشمس ، حتى على مسافة كبيرة هنا عندنا على فلك الأرض الذى يبعد ٩٣ مليونا من الأميال عن الشمس ، مقدار ٢٦,٤ ميلا فى الثانية (٩٥٠٤٠ ميلا فى الساعة) . ولم أعقب على ذلك هناك ، إلا أننا سوف نسترسل بعض الشىء فى حديثنا هنا .

والعدد ٢٦,٤ ميلا فى الثانية (٩٥٠٤٠ ميلا فى الساعة) يعبر بطبيعة الحال عن السرعة بالنسبة إلى الشمس . فإذا ما كانت الأرض ساكنة بالنسبة إلى الشمس كان من واجبنا أن نطلق القذيفة بتلك السرعة الابتدائية لنحررها من قبضة الشمس . ولكن على أية حال ليست الأرض ساكنة بالنسبة إلى الشمس ، ولكنها تسير فى فلك من حول الشمس بسرعة قدرها ١٨,٥ ميلا فى الثانية (٦٦٦٠٠ ميل فى الساعة) .

* هى قذائف يعمل على توجيهها أثناء عمل محركاتها الصاروخية فى الأجزاء العلوية من مسارها ، ثم تصبح بعد سقوط تلك المراحل فى حالة من التساقط الحر الطليق كما تقدم (المترجم)

لنفرض إذا أنه كان علينا أن نطلق قذيفة فى اتجاه حركة الأرض عندئذ نجدها منطلقة بسرعة ١٨,٥ ميلا فى الثانية (٦٦٦٠٠ ميل فى الساعة) بالنسبة إلى الشمس قبل ابتداء الرحلة . وعندما نكسبها سرعة إضافية نرفع قيمة هذا العدد (على غرار الطائرة التى تنساب مع الريح) . وتكفى تماماً سرعة قدرها ٧,٩ أميال فى الثانية (٢٨٤٤٠ ميلا فى الساعة) بالنسبة إلى الأرض لرفع سرعة القذيفة إلى القدر الذى معه تستطيع الهروب من المجموعة الشمسية كلها ، بفرض عدم ارتطامها بشىء فى الطريق .

وهذه هى أكثر الطرق اقتصاداً لتخليص أية قذيفة من كل من الأرض والشمس .

وإذا ما أطلقت قذيفة فى اتجاه عمودى على اتجاه حركة الأرض ، إما تجاه الشمس مباشرة وإما بعيداً عنها ، فإنها سوف تكسب بعض ، ولكن ليس كل الفائدة من حركة الأرض (على غرار الطائرة التى تطير عمودياً على اتجاه الرياح) . ويكون من اللازم أن تطلق القذيفة بسرعة ابتدائية قدرها ١٨,٨ ميلا فى الثانية (٦٧٦٨٠ ميلا فى الساعة) . لتحصل على حالة الهروب من المجموعة الشمسية .

وعندما تطلق القذيفة فى اتجاه يضاد اتجاه حركة الأرض ، فإن هذه الحركة لن تعمل على المساعدة ، بل على التعويق والتعطيل ، وبذلك تتطلب القذيفة السرعة الأصلية الكاملة اللازمة للهروب من الشمس بالإضافة إلى سرعة أخرى كافية لتعادل حركة الأرض (على غرار الطائرة عندما تنطلق فى اتجاه مضاد للرياح) . ومثل هذه القذيفة

تتطلب سرعة ابتدائية قدرها ٤٤,٩ ميلا فى الثانية (١٦١٦٠٠ ميل فى الساعة) .

ولقد أطلقت أولى القذائف الناجحة الموجهة لاستكشاف القمر فى وقت كان فيه القمر فى « الربع الأخير » . وتلك فترة يصبح فيها القمر أمام الأرض مباشرة فى مسارهما حول الشمس ، ولذلك تم إطلاق المستكشف فى اتجاه حركة الأرض . ومهما يكن من شيء فإننا لو تذكرنا أن السرعة الابتدائية المحتملة للقذيفة إذا ما بلغت من الكبر حدود ٧,٥ أميال فى الثانية (٢٧٠٠٠ ميل فى الساعة)فإنها تكون لا تزال غير كافية لتسمح بالهروب من الشمس ، وتظل القذيفة تسبح فى مسار حول الشمس .

ومن غير شك تكون سرعتها أكبر من سرعة الأرض ، بحيث ينبعج مسارها إلى الفضاء الذى بين الأرض والمريخ . (ولما كانت سرعة القذيفة أكبر من سرعة الأرض فإنها تعمل محاولة أكثر نجاحاً إذا صح هذا التعبير ، للتخلص من الشمس . فتعبر نصف الطريق إلى المريخ قبل أن تعود منجذبة إلى الشمس) ، وتكون النتيجة أن تصبح سنة القذيفة طولها ١٥ شهراً بدلا من ١٢ شهراً كما هى الحال على أرضنا .

وعلى أية حال فإن المسارين يتقاطعان ، ومن المعتقد أنه سيجىء اليوم الذى فيه تصبح كل من الأرض والقذيفة وجهاً لوجه عند نقطة تقاطع مساريهما وعندها تعود القذيفة إلى بيتها .

وثمة سؤال أخير : هل كانت هنالك أية فرصة لقذيفة ما مثل

« لونيك » الأول أو « بيونير » الرابع ليهوى نحو الشمس ويسقط عليها ؟

حسناً ، دعنا ننظر ما هو المطلوب للارتطام بالشمس ، لنفرض أنك وجهت قذيفة مباشرة إلى الشمس . نعم إنها سوف تنطلق نحو الشمس ، ولكنها فى نفس الوقت سوف تحتفظ بحركة الأرض بمعدل قدره ١٨,٥ ميلا فى الثانية (٦٦٦٠٠ ميل فى الساعة) فى اتجاه متعامد لخط توجيه الحركة نحو الشمس . وعلى ذلك فإن محصلة حركتها سوف تكون مكونة من المركبتين . وتعمل حركة الأرض الجانبية على حمل القذيفة من حول الشمس فى مدار على هيئة قطع ناقص إذا كانت سرعتها الأصلية بالنسبة إلى الأرض هى ١٨,٨ ميلا فى الثانية (٦٧٦٨٠ ميلا فى الساعة) لأن هذه هى سرعة الإفلات من الشمس لقذيفة تطلق فى اتجاه متعامد على حركة الأرض .

وإذا ما كانت القذيفة قد أطلقت بسرعة تساوى تماماً سرعة الهروب فإن المركبة الناجمة عن حركة الأرض سوف تحمل القذيفة من حول الشمس فى مسار على هيئة قطع مكافئ ، أما إذا ما كانت سرعتها أكبر من سرعة الهروب فإنها سوف تسبح حول الشمس فى قطع زائد .

وكلما زادت السرعة فى اتجاه الشمس قل انحناء القطع الزائد ، واقتربت القذيفة من مركز الشمس عند حضيضها أو أقرب بعد لها عن الشمس . وأنت إذا ما عمدت إلى التوجيه نحو مركز الشمس فإنه لا توجد سرعة أقل من اللانهاية تمكنك من ضرب المركز ، والفضل يرجع إلى المُركِّبة الجانبية للحركة .

وبطبيعة الحال ، لماذا توجه القذيفة نحو مركز الشمس ؟ ولا توجه إلى جانب منها ، تاركين لحركة الأرض فرصة حمل القذيفة إلى الشمس بدلا من توجيهها تاركين لحركة الأرض فرصة جعل القذيفة تمر بها . (هذا على غرار عمل حساب الرياح عند توجيه البندقية) .

وأكثر الطرق اقتصاداً لمعادلة حركة الأرض هى إطلاق القذيفة فى اتجاه يضاد تلك الحركة مباشرة . فإذا ما أطلقت عندئذ القذيفة بسرعة قدرها ١٨,٥ ميلا فى الثانية تماماً (٦٦٦٠٠ ميل فى الساعة) تتم معادلة حركة الأرض بالنسبة إلى الشمس . وفى واقع الأمر تكون القذيفة آنئذ فى حالة السكون بالنسبة إلى الشمس ، وتروح متساقطة إليها تحت تأثير جاذبيتها التى لا تضارع .

وإذا ما أطلقت قذيفة فى الاتجاه المضاد لحركة الأرض (يعنى والقمر فى الربع الأول) بسرعة أقل من هذه السرعة ، تظل حركتها بالنسبة إلى الشمس أقل من حركة الأرض . وهى لن تتساقط نحو الشمس إلا أنها سوف تدنو منها مقتربة بدرجة أكبر من الأرض ، فيروح مسارها مقترباً من الزهرة ، وعند ذلك نحصل على مستكشف الزهرة كما كان الحال فى بيونير الخامس .

وهنا نتعلم درساً من الدروس : يجب أن تبدأ سفرة الفضاء إلى المريخ فى اتجاه حركة الأرض . بينما تبدأ أسفار الفضاء إلى الزهرة فى اتجاه يضاد حركة الأرض ، على الأقل ، إذا أردنا أن نستغل الادخار فى الحركة واستغلال ما منحناه منها على الأرض .

الجزء الثانى

المجموعة الشمسية

٦ ـ جبال كاتسكلز* فى السماء

فى ذات مرة حصلت على هدية عبارة عن تسجيل اسمة « أغانى الفضاء » . وكان القصد منها طفلى ، ولذلك استدعيتهما هما الاثنين بجوار جهازى الخاص بإذاعة التسجيل ، ورحنا نستمع معًا إلى تلك الأغانى وقد أعجبتهما ، ولكن الذى حدث هو أننى أحببتها أكثر منهما فقد اتضح لى ، على عكس السير فيليب سدنى ، أن حاجتى إليها أكثر منهما ، فعمدت على عجل إلى إضافتها إلى مجموعة التسجيلات الخاصة بى ، ورحت أستمع إليها من آن إلى آخر منذ ذلك الحين .

وعلى أية حال ، فلكى نصل إلى بيت القصيد كانت إحدى الأغانى المسجلة تسمى : « لماذا نروح هناك فى الأعالى » ، وكلماتها هى :

لماذا نريد جميعًا أن نروح

فى الأعالى هناك ـ فى الأعالى هناك ؟

فما الذى تفعله أو تراه

فى الأعالى هناك ـ فى الأعالى هناك ؟

الفضاء الخارجى

---

* جبال فى أمريكا فى جنوب ولاية نيويورك وهى منطقة استشفاء أعلى قممها جبل سلايد وارتفاعه ٤٢٠٤ أقدام وهى من نهاية العصر الديفونى ـ وهى فترة صخورها كاملة التكوين (المترجم) .

هو المكان
الذى منه سنتتبع
المستقبل
وهناك العديد من الناس
الذين يعرفون ماذا
يوجد فى الأعالى هناك .

وكما ترى فإن الأسباب التى أعطيت من أجل الصعود إلى هناك غير واضحة تماماً ، وأنا أريد أن أصحح ذلك الآن فلنأخذ فى الاعتبار بعض « الذين يعرفون ماذا » الذى يصلح ليكون حافزاً قوياً للرجل العادى (أو المرأة) ليسافر أو تسافر مسافات بعيدة عن الأرض .

تصور مجتمعاً فيه أسفار الفضاء من الأعمال المعتادة (روتين) ، وهى ليست بأكثر صعوبة أو أهمية عن الطيران الآن ، أو السفر بالقاطرات فى القرن التاسع عشر ، أو السفر بالعربات التى تجرها الخيل فى القرن الثامن عشر . وإذاً فلماذا يتطلع أى فرد منا إلى الذهاب إلى القمر ؟

ولنفس السبب ، يلوح لى أن الناس فى هذه الأيام يريدون الذهاب إلى سويسرة ، أو الباكستان أو البرازيل ليروا مناظر جديدة أو أشياء جديدة ، وعلى وجه العموم لكى يشعروا بإثارة إحساس لا قبل لهم به .

ومن الجائز أى يجىء الوقت الذى فيه يحمل كل من المدرس فى دوبيلك والشاب المحب إلى التطلع من دسلدورف آلتى تصويرهما فى رحلة

من رحلات (كوك*) إلى القمر ، لكى يشاهداه ويرسلا إلى الأرض الصور الفوتوغرافية اللائقة التى التقطاها (بالبريد الصاروخى بطبيعة الحال) إلى أصدقائهم البطيئى الحركة القابعين فى بيوتهم .

وطبعاً هناك العديد من الأشياء الهائلة على القمر مما لا ترى أو تحدث على الأرض مثل الهدوء الشامل المقيم ، والنجوم اللامعة التى لا تتلألأ ، وسعير الشمس اللافح المتحرك ببطء ، والغبار الذى لا يترك أثراً والقمم الشامخة وجدران فوهات البراكين التى على هيئة الحلقات المضاءة فى نور الأرض الخافت .

ومما لا شك فيه أن من بين كافة المناظر الفريدة يكون منظر الأرض ذاتها هو أكثرها روعة . وإننى لأتصور أن صورة الأرض وهى معلقة فى السماء سوف تكون على الأقل ثلاثة أرباع (صور الكارت بوستال) التى تصنع من أجل السياح ، وحتى إذا ما كان للقمر علمه الخاص سيكون ذلك العلم فى صورة أرض بيضاء على قاعدة سوداء .

ومنظر الأرض عند رؤيتها من فوق القمر يكون أبعد أثراً فى النفوس من منظر القمر عند رؤيته من فوق الأرض . وسوف يكون قطر الكرة الأرضية أربعة أمثال قطر كرة القمر تقريباً كما نراه الآن ، ولهذا فسوف تكون مساحتها قدر مساحة القمر ١٣ مرة وأكثر من ذلك فإن الأرض تعكس أضواء الشمس بدرجة أكبر مما يعكس القمر (والفضل لغلاف

* إحدى الشركات الكبرى للأسفار والسياحة . (المترجم)

الأرض الجوى) ولا يوجد غلاف جوى للقمر يحول دون نفاذ أى جزء من ذلك الضوء المنعكس، ولهذا ينتهى الأمر بأن تكون درجة لمعان الأرض قدر درجة لمعان القمر سبعين مرة كما يبدو لنا .

وثمة ناحية أخرى ، فإن الأرض سوف تكون أكثر طرافة عند النظر إليها ، فهى سوف تمر بنفس الأوجه التى يمر بها القمر وبنفس المعدل ولكن الخط الذى بين الضياء والنور لن يكون ذلك الخط الواضح والحد الذى لا نعيره اهتمامنا على القمر . ومرة أخرى يرجع الفضل إلى غلاف الأرض الجوى ، فسوف ينتهى الظلام تدريجًا ببطء ، فيمكن مشاهدة خفوت ضوء النهار ودخوله فى الليل .

ولن ترى القارات والمحيطات بوضوح عبر جو الأرض الذى تسبح فيه السحب والذى يعمل على تشتت الضوء وتناثره ، ولكن الكرة سوف تبدو زرقاء مائلة إلى البياض وسط حزم من الشابوره (بسبب دورة الرياح فى جو الأرض) تجرى موازية لخط الاستواء . وقد تكون هنالك مساحات أكثر زرقة ، وأخرى ما بين الزرقاء والخضراء ، ومساحات لونها برتقالى فاتح تحدد معالم المحيطات والأرض الخصبة المزروعة والصحارى .

وسوف يكون منظر الأرض رائعًا حقًا على الأخص خلال تلك الحالات التى فيها تجرى الشمس من خلفها وتختفى (مثل هذه الفترات على الأرض هى حالات « خسوف القمر ») .

فى مثل هذه المناسبات تقترب الشمس من الأرض من جهة الشرق، ولا ترى الأرض إلا على هيئة هلال رفيع محدب نحو الشمس وربما تضيع

معالمه وسط لمعانها وضيائها . وأول ما يتحرك إكليل الشمس ، الذى قد تضيع معالمه كذلك وسط لمعانها ، يكون خلف الأرض . ثم تختفى أجزاء أكثر وأكثر من الإكليل حتى تختفى معه الكرة الشمسية . ولن يستغرق اختفاء الكرة الشمسية تماماً خلف الأرض بعد التماس الأصلى أكثر من نحو ساعة .

وفى خلال تلك الساعة سوف يعمد السياح على بكرة أبيهم دون شك إلى المشاهدة والتتبع من وراء قبة شفافة معدة بمرشحات الضوء التى تحجز الأشعة فوق البنفسجية ومعظم الضوء المرئى . وعندما تختفى كرة الشمس تماماً تزال المرشحات حيث يصبح المنظر بادياً للعيان فى أتم وضوح وبهاء .

ويصبح الإكليل ذاته مرئياً بأكمله (فى بياض اللؤلؤ) وتمتد زوائده إلى ما بعد الأرض فى كافة جوانبها . وهناك حلقة رقيقة من النار البرتقالية تفصل ما بين الإكليل والدائرة السوداء الداخلية للأرض . وتبين هذه الحلقة ضوء الشمس وقد انعكس محمراً عبر جو الأرض فى كل الجوانب .

ودون شك سوف تتضمن رحلات القمر بعض الأسفار الخاصة من أجل مشاهدة الكسوف . وإنى أستطيع أن أتصور مقدار خيبة الأمل التى تصيب الناس عندما تعمل الأحوال الجوية فى الأرض على جعل تلك الأجزاء من الغلاف الهوائى المعرضة فوق حافة كوكبنا وقت الكسوف مليئة بالسحب فلا تظهر الحلقة ذات الضوء البرتقالى . (فى الواقع أن ذلك يحدث أحياناً ، لأنه على الرغم من أن القمر يبدو عادة نحاسى اللون

خلال الخسوف الكلى ، فإن الفضل فى ذلك يرجع إلى الضوء الذى يصل إلينا من الحلقة البرتقالية لضوء الشمس المنكسر ، وقد يحدث فى حالات قليلة أن تظلم الدنيا تماماً — فلا تكون هنالك حلقة) . وأستطيع أن أتكهن وأنا آمن بأن شركة من الشركات سوف تتقدم بمشروع « تأمين الكسوف» الذى تضمن فيه للمؤمن إعادة تكاليف السفر إذا لم تظهر الحلقة .

وبالطبع لما كانت الأرض لا ترى إلا من جانب القمر المواجه لنا، فإن هذا الجانب سوف تكون قيمته أكبر بكثير من الجانب الآخر بالنسبة إلى أصحاب الرخص والامتيازات . وامتلاك الأرض على الجانب الآخر من القمر سوف يحكى إلى حد بعيد امتلاك مأوى من الجبل لا يقع على بحيرة (ومع ذلك فإننى أستطيع أن أرى الإعلانات الخاصة بالجانب الآخر تقول : « اسرح بفكرك فى العجائب التى لم يرها إنسان من قبل . الجانب الآخر الغامض الذى ظل مخبأ عبر الأجيال الطويلة عن كل الأعين المتطلعة هو الآن تحت تصرفك » .

ولكن القمر يمدنا بما هو أكثر من منظر سمائه، فله جاذبية صغيرة . ومن غير شك سوف يكون ذلك من مصادر المرح للسائحين ، أو يستطيع الرجل الرياضى أن يقفز عشرين قدماً قفزاً عالياً وستين قدماً قفزاً عريضاً ، هوى — ى — ى — ى . .

ومع ذلك فإن الجاذبية المنخفضة سوف لا تكون دائماً حلوة كالعسل وماء الصودا . فكل شخص يتوقع أن يظل على القمر مدة من الزمن إنما

يكون عليه أن يعتاد الطرق الجديدة التى يستعمل بها الأشياء. فعلى الأرض نربط الوزن والكتلة عن طريق خبرتنا التى نكتسبها على مدى الحياة . ونحن نتعلم من المجهود العضلى الذى نبذله من أجل رفع قرص من أقراص الدواء الثقيلة ، كيف نقدر مقدماً مقدار الألم الذى تحدثه حتى تصل تجويف المعدة .

وعلى القمر يقل الوزن (الذى هو عبارة عن مقياس قبضة الجاذبية) ولكن الكتلة (التى هى من خصائص المادة التى لا تتغير) تظل ثابتة . ولا يسير الاثنان بعد ذلك جنباً إلى جنب . ويصبح من السهل التقاط قرص الدواء وعلى ذلك قد يكون من الطبيعى أن تفكر فى أنه سوف يحدث ألما أقل ليصل إلى تجويف المعدة، ولكن ذلك لن يحدث ، فإن الألم يتوقف على الكتلة وليس على الوزن ، وما لم تتعلم معالجة هذا الأمر فسوف تظل مرتبكاً طوال الوقت .

ومرة أخرى إنك تقفز إلى أعلى على القمر فى حركة بطيئة ، لأن قوة جذب القمر سوف تعمل على التقليل من سرعتك (عندما تصعد) كما تعمل على الزيادة من سرعتك (عندما تهبط) بمعدل لا يزيد على سدس ما ينتج عن عجلة الجاذبية الأرضية . وإذا ما قفزت بكامل قوتك فإنك على أية حال سوف تترك سطح القمر ثم تعود لترتطم به ثانية بمضى الوقت بنفس السرعة التى تقفز بها على الأرض وترتطم بسطحها . وسوف تصل إلى السطح بكمية التحرك العادية . وعلى ذلك فإنه إذا ما خدعتك القفزة البطيئة واعتقدت أنك سوف تعود إلى الأرض كما تعود الريشة

متأرجحة على إصبع قدمك ، وفعلت ذلك ، فإنك فى الغالب سوف تكسر رسغك .

وإذاً فليس هناك ما قد تعتاده بسهولة ليدر عليك الرخاء والنعيم . وبمجرد أن تتعود عضلاتك على الجاذبية المنخفضة فإنها سوف تحبها وتفضلها وتتعلم ألا تقوم بمجهود أكبر من اللازم . وربما ضعفت بسرعة واسترخت أو ترهلت . ولا ضرر من ذلك على القمر ، ولكن ماذا يكون الأمر عندما تهبط على الأرض وتجد أن عضلاتك معترضة بشدة على الوزن الذى يتضاعف ست مرات ؟

وفى واقع الأمر سوف أتنبأ بأنه عندما يتم استعمار القمر ، يكون من اللازم على أولئك الذين يرغبون فى العودة إلى الأرض من آن إلى آخر أن يمروا بفترة معينة من التمرين تحت جاذبية الأرض الطبيعية لتظل عضلاتهم على حالها . ومن الطرق الخاصة التى يمكن أن تؤدى بها هذه العملية الحصول على قوى طاردة مركزية كبرى يمكن جعلها مساوية أو معادلة لقوى جذب الأرض .

وإنى أستطيع أن أرى السائحين وقد هرعوا إلى العجلات على دفعات كل يوم فى منظر مخيف ، تحت رحمة مدرب من المدربين الذين لا يعرفون العبث ويصرون على إتمام التمارين كاملة . وبالطبع سوف يوجد الشخص الذى لا يمكن إقناعه والذى ينجح فى الهروب ويكون مستحقاً تماماً للثمن الذى يدفعه عندما ينهار إثر عودته إلى الأرض .

وبعد ذلك يبقى احتمال اختيار فريق من الناس بمحض إرادتهم البقاء

تحت الجاذبية المنخفضة . فعندما يجىء العمر الذى يحال فيه الناس إلى المعاش سوف تستفيد دون شك القلوب الهرمة التى يلزم أن تنزح وزناً من الدم ضد الجاذبية. والعضلات غير الفتية التى يلزم أن تكافح لحمل ثقل الجسم ، وسوف تجد ميزة فى إزالة جانب من الوزن . وسوف يجد الهرمون كذلك (بفرض أن لديهم ثمن التذكرة والقوة الكافية لتحمل شدة وصرامة العجلات أثناء الرحلة) عشرات السنين تضاف إلى أعمارهم إذا أمضوا تلك السنين على القمر .

ومهما يكن من شىء فمن الممكن كذلك أن يكون قرار الشخص ليمضى العشرات الأخيرة من عمره على القمر قراراً غير رجعى . فإننى لا أرى أن الهرم يستطيع أن يستعيد استيعاب خمسة أسداس وزنه ما دام قد تخلص منها خلال أية فترة من الزمان . ومع ذلك فقد يأسف البعض على اتخاذ هذا القرار بعد فوات الأوان . ومهما اشتاقوا إلى مواطنهم فى الأرض فلن تنفعهم الحيل .

وإنى لأرى أنه من الممكن أن يكتب المرء قصة واحد منهم وهو يرقب الكرة الأرضية وقلبه فى عينيه ، ويدلف إلى تجمعات السائحين باشتياق لا رجاء فيه . ومن ثم عاملا على لم شعثه والرجوع إلى الأرض . وسوف تكاد العجلة أن تقتله بالطبع ، ويكون عند اكتشاف أمره فى النزع الأخير ، إلا أنه يلقى آخر نظرة له على تلال الأرض الخضراء ويأخذ أنفاسه من الهواء الطلق ، وحتى آخر إحساس مع الشكر والثناء لجذب الأرض العظيم قبل الموت .

وفى مقدورنا أن نلقى نظرة أبعد بقليل إلى المستقبل ، عندما تصبح أسفار القمر مألوفة إلى درجة أن يحذر الناس منها : « يا عزيزى لا أحد، بل لا أحد ، يذهب بعد ذلك إلى القمر . لقد امتلأ الآن بأشد الناس إرعاباً وإرهاباً ، فخير لك أن تذهب إلى حيث جبال كاتسكلز » .

ولكن ما الذى نستطيع الحصول عليه فى مكان آخر ولا نستطيع الحصول عليه على أى من الأرض أو القمر ؟ وماذا يمكن أن نحضره لجذب تجارة السائحين ؟ من بين الكوكبين القريبين اللذين يهدف إليهما البشر نجد الزهرة مغلفة على الدوام بالسحب ولا توجد وسيلة تعيننا على التكهن بطبيعة سطحها ، إلا أننا نستطيع التنبؤ بأن سماءها سوف تكون سنجابية اللون، وعندها أعلن فى الحال أنها مقبضة لدرجة لا سبيل إلى تحملها . وهذا أمر يمكن من أجله أن تزور لندن .

ومن ناحية أخرى نجد للمريخ قمرين وسط سماء صافية ! ولقد كتبت عنهما العديد من الأوصاف الخيالية التى تؤكد وتبين كيف يتضاعف التنبه والانتعاش لدى زوجين من الشباب ينظران إلى قمرين بدلا من قمر واحد .

ولسوء الحظ هذا مجرد ضوء قمر ، فواحد من أقمار المريخ ليس قمراً على الإطلاق بالمعنى الذى تعنيه الكلمة عندنا . وإنى لأقصد بذلك دايموس ، القمر الخارجى منهما ، الذى لا يعدو أنه جبل فى الفضاء يبلغ قطره خمسة أميال . ولما كان يبعد عن سطح المريخ بمسافة قدرها ١٢٥٠٠ ميل فإنه لا يبدو على هيئة قرص مرئى ، بل مجرد نقطة من الضوء

تبلغ درجة لمعانها عندما ترى من على سطح المريخ . درجة لمعان الزهرة كما تبدو لنا من فوق سطح الأرض .

وليس فوبوس أكبر من دايموس بكثير ، فقطره لا يزيد على عشرة أميال . وعلى أية حال فإنه يدور على بعد ٣٦٠٠ ميل فقط من سطح المريخ . ولذلك فإنه عندما يصير فوق الرأس تماماً يصبح برغم حجمه الصغير ، فى نحو ثلث قطر القمر كما نراه من الأرض . وعندما يقترب من الأفق يبتعد عن المريخ بمسافة تساوى نصف قطره ولذلك ينقص قطره الظاهرى إلى نحو النصف .

وعندما يكون فى سمت الرأس تبلغ شدة لمعانه $\frac{١}{٢٠}$ فقط من شدة لمعان القمر . وهى لا تتجاوز $\frac{١}{٦٠}$ من قيمتها عندما يقترب من الأفق . ونظراً لصغر حجم فوبوس فإنه قد لا يكون له شكل منتظم ، وقد يكون مما يثير الاهتمام أن يراقب المرء قمراً على هيئة الصخرة الشامخة بدلا من قمر أملس لا يثير الدهشة .

وثمة نقطة أخرى تتعلق بفوبوس وتهم جمهرة السائحين ، فقد يكون صغيراً ومعتماً ، إلا أنه يتحرك كالمجرة العظمى ، فهو يلف حول المريخ فى ٧ ساعات و ٤٠ دقيقة . ولذلك فهو أسرع من دورة المريخ حول محوره ($٢٤\frac{١}{٢}$ ساعة) . وعلى ذلك فإن فوبوس يسبق سطح المريخ ويشرق فى الغرب كما يغرب فى المشرق .

وللناظر من فوق المريخ يمر فوبوس من الأفق الغربى إلى الشرقى خلال $٥\frac{١}{٢}$ ساعة . وسوف تبلغ حركته من السرعة الحد الذى يجعلها

ظاهرة للعين المجردة . ويغير أوجهه أثناء سبحه . فيمر خلال أكثر من نصف الدورة خلال الفترة التي ظل فيها فوق الأفق .

وبكل تأكيد سوف يعوض هذا بعض الشيء من صغره وإظلامه عند مقارنته بقمرنا . فإنه بدون شك سوف يذهب من يقضون إجازاتهم على المريخ متثاقلين إلى المدينة وهم يتحدثون عن حركة فوبوس ومعهم صور ربما ولا إثم تبالغ فى حجمه . وبالطبع سوف يكون على الملاك الحقيقيين فى المريخ أن يتوخوا الحذر . فإن فوبوس يبلغ قربه من سطح المريخ الدرجة التي معها يخفى بروز سطح الكرة المريخية منظر القمر عن الراصد من فوق قطبي المريخ . ولهذا فإنه من اللازم ألا يبتعد السائح كثيراً نحو الشمال أو الجنوب إذا كان يرغب فى مشاهدة فوبوس .

(والشيء الذى يثير الاهتمام فى سماء المريخ بصرف النظر عن القمرين هو الأرض ذاتها . فهى سوف تكون « نجمة المساء » بالنسبة إلى المريخ . ويمكن رؤيتها تحت نفس الظروف التي نرى فيها الزهرة . ومهما يكن من شيء فإنه بالنسبة إلى السائح على المريخ لن تكون الأرض فى درجة لمعانها فى أحسن الحالات عن الشعرى اليمانية . ومع ذلك فسوف تكون للأرض ميزة على الزهرة هى أن للأرض قمراً يلازمها . وعندما يرى قمرنا من على المريخ يبلغ أقصى حجمه وهو ٣,٠ ، وبذلك فهو سوف يشبه نجماً متوسطاً فى درجة لمعانه ويرى بوضوح ، كما تبلغ أكبر مسافة تفصله عن الأرض نصف درجة ــ الاتساع الظاهرى للشمس كما نراها ــ وسوف تكون العلاقات المتغيرة بين الأرض والقمر من مساء إلى

آخر ومن فجر إلى آخر صورة خيالية رائعة . وبالطبع سوف يراقب السائح خلال ذلك موطنه) .

وعلى أية حال لماذا تعمد إلى رؤية قمر وأجرام من فوق أى كوكب عندما يكون فى مقدورك أن تبصر هذه الأجرام الأخرى . بالإضافة إلى كوكب . من فوق قمر ؟ إن منظر الأرض من فوق القمر أكثر تأثيراً وروعة من المنظر العكسى . ونفس الشيء يمكن أن يقال بالنسبة إلى منظر المريخ من فوق فوبوس .

وفى الحقيقة أن منظر المريخ من فوق فوبوس لهو منظر عظيم وهائل. فقطر المريخ ٤٢٠٠ ميل. أى أكبر بقليل من نصف قطر الأرض. ولكن من فوبوس يرى الكوكب على مسافة قدرها ٣٦٠٠ ميل من السطح إلى السطح . والمريخ جرم منتفخ فى سماء فوبوس . إذ تبلغ المسافة بين حافيته ٤٢ درجة . أو لكى نصوغها بعبارة أخرى . إذا مست حافة المريخ الأفق تكون الحافة الأخرى فى منتصف الطريق إلى سمت الرأس .

وتدل كافة الاحتمالات على أن فوبوس يواجه المريخ بجانب واحد فى كافة الأوقات . وبذلك فإن الكوكب الأحمر يبقى على جرمه المنتفخ فى مكانه . ويومض بضوء يساوى ما يربو على ٧٠٠ ضعف قدر ضياء قمرنا الكامل (البدر). وهنا يتسع المجال للشعراء ليكتبوا عما يرون ولرؤوس المحبين ليركنوا للهوى .

وثمة نقطة أخرى . فالجاذبية على المريخ هى فقط ٢/٥ الجاذبية على الأرض . أما على فوبوس فهى لا تعلو الصفر كثيراً .

وهل هناك أى منظر فى المجموعة الشمسية يفوق منظر المريخ من فوق فوبوس ، حسناً ، دعنا نبدأ بمنظر المشترى من فوق أقرب تابع له .

إن كبر مجال جاذبية المشترى يجعل الكوكب مكاناً غير ثابت للاقتراب منه ، ولكن يمكن إنجاز ذلك دون شك عن طريق تلمس سبيلنا ببطء وعلى مهل ونحن نهبط إلى خط أقماره . ونستطيع أن نحط رحالنا على واحد منها من المجموعة الخارجية (وهى مجرد كويكبات وقعت فى قبضة جاذبيته يبلغ قطر كل منها ١٥ ميلا أو نحو ذلك) . وهناك نبنى قاعدة يمكن أن تقلع منها سفينته إلى كاالليستو .

وكاالليستو هذا أبعد أقمار كوكب المشترى المارد . إذ تبلغ المسافة بينه وبين المشترى ١١٧٠,٠٠٠ ميل ، ورغم ذلك فمن فوقه يرى المشترى أكبر وأشد لمعاناً من القمر الكامل كما نراه . ويدور من حول الكوكب أولا كاالليستو ، فيوروبا ، فأيو . ومن أيو ، أقرب الأقمار من الكوكب المارد ، يزداد حجم المشترى حتى يصبح لمعانه قدر لمعان القمر الكامل ، ٤٠٠ مرة وفى مثل حجمه ٤٠ مرة .

ولكن هناك قمراً واحداً صغيرا (ربما يبلغ طول قطره ١٥٠ ميلا) أقرب إلى المشترى من أيو . وتختلف أسماء هذا القمر الداخلى من المشترى ، إلى تابع بارنارد ، إلى أمالثيا ، وهو على بعد ٦٦٠٠٠ ميل فقط من سطح الكوكب ، وليس هنالك أى شك فى قربه إلى هذا الحد من المشترى .

وسوف يبدو اتساع المشترى فى سماء أمالثيا ٤٦ درجة ، وتكون مساحته

بذلك أكبر من مساحة المريخ عند ما يرى من فوبوس . وفى الواقع نجد أن المشترى أبعد عن الشمس من المريخ ، ولذلك فاستضاءته بها أقل من المريخ . وتبلغ درجة لمعان كرته كما ترى من أمالثيا $\frac{٣}{١٠}$ درجة اللمعان التى يعطيها المريخ عند فوبوس . وعلى أية حال فإن المشترى هو أكبر الكواكب وأعظمها منظراً . أما المريخ فهو عالم هادئ أحمر يعرض على الدوام سطحاً مكشوفاً لا يتغير . ولكن من ناحية أخرى نجد أن منظر المشترى إنما يرجع إلى جوه الذى يتحرك حركة دوامية غير انسيابية ، عارضاً ألواناً برتقالية وزرقاء وخضراء وبيضاء فى أحزمة طليقة أساسية من الجليد تجتاحها الأعاصير والنكباء* الزاحفة المريعة (ومن غير شك سوف تكون النبذة شعرية عن أى تابع من توابع المريخ) .

وفوق ذلك فإن توابع المشترى الأربعة الضخمة سوف تظهر فى سماء أمالثيا . فيبدو أيو ، أقربها من أمالثيا ، أكبر بقليل من قمرنا ، أما الثلاثة الأخرى فإنها تبدو فى حجوم أصغر على التوالى . ويتحرك كل قمر عبر السماء بسرعته الخاصة ماراً خلف المشترى فى كل دورة ، ومكوناً مناظر متغيرة هى بمثابة المنظر الخلفى الهادئ وسط ضجيج المشترى الفظيع .

وعندما نقارن جبال كاتسكلز التى ذكرناها فى السماء ، يمكن أن أن أتكهن بأن القمر والمريخ سوف يكونان من الأراضى القليلة التكاليف لقضاء عطلة أغلب الناس إذا صح هذا التعبير . ونظراً لصغر حجم

* هى التورنادو أو الإعصار المدمر العظيم . (المترجم)

فوبوس فإنه سوف يكون باهظ التكاليف وربما يكون مقصوراً على أولئك الذين من ورائهم غرض سياسى . أما أقمار المشترى فأنها سوف تتدرج من الرخيص نوعاً إلى الغالى جداً . ويتوقف ذلك على مدى القرب من المشترى (ومقدار الطاقة اللازمة للوصول إلى هناك والإقلاع عند العودة) . ولكن من غير شك سوف يكون هدف الأغنياء الحقيقى هو أمالثيا .

وأستطيع أن أصور لاس فيجاس فى صورة قبة شفافة على أمالثيا ، فوقها يربض المشترى بينما تعبر السماء شمس صغيرة فى حجم حبة البسلة مارة وراء المشترى كل ست ساعات ، كما تروح وتغدو الأقمار تباعاً . فماذا يمكن أن يكون أكثر جمالا من ذلك ؟

حسناً شىء واحد بطبيعة الحال . ألا وهو زحل وحلقاته .

وفى مستطاعنا أن نضرب صفحاً عن الكواكب التى من بعد زحل . فأبعادها عظيمة . وعوالمها مظلمة ولا تلفت الأنظار إذا ما قورنت بالمشترى ، ولكن تبقى لزحل حلقاته .

والحق أن ذلك المنظر لمن المناظر الفريدة الرائعة ، ولكن للأسف لا تتعاون أغلب أقمار زحل . ولقد يتبادر إلى ذهنك أولا أن يسافر المرء إلى أقرب توابع زحل إليه ثم يعمل على إنعام النظر إلى الحلقات . وسوف يكون ذلك التابع هو ميماس الذى يبعد بمقدار ٨٠٠٠٠ ميل فقط من سطح زحل وبمقدار ٣٥٠٠٠ ميل من أبعد حافة للحلقات من الخارج .

ولكن ميماس يدور أيضاً فى مستوى خط استواء زحل ، وهذا هو

الحال مع الحلقات . ويعنى ذلك أن ترى الحلقات على ميماس من جوانبها فى كافة الأوقات . ولما كانت الحلقات رقيقة إلى حد كبير (لا يزيد سمكها على عشرة أميال على الأكثر) فإن رؤيتها من الجانب على أى بعد معقول معناه عدم رؤيتها بتاتاً . وتدور الستة التوابع التالية لميماس فى مستوى خط استواء زحل وتتشابه معه من حيث موضوع توفير منظر الحلقات الجميل . ويميل مدار التابع التاسع ولكن بدرجة لا تكفى .

وهكذا يبقى التابع التاسع فويبى . وهو أبعدها من الخارج . وفى الحقيقة ما هو إلا من الكويكبات التى وقعت فى قبضة زحل (ربما يكون قطره ٢٠٠ ميل) . وهو لا يدور فى مستوى خط استوائه . وفى واقع الأمر نجد أن مساره يميل بمقدار ٣٠ درجة على خط الاستواء . بحيث يمكن رؤية الحلقات من فوقه أحياناً بزاوية أكبر من تلك التى ترى بها من فوق الأرض .

ومن المؤلم جداً أن يكون فويبى على بعد ٨٠٠٠,٠٠٠ ميل من زحل ومن فوق تلك المسافة لا يرى زحل فى حجم أكبر من حجم القمر كما نراه . وتستطيل الحلقات وتمتد عبر مسافة كلية لا تزيد إلا قليلا فقط على ضعف اتساع القمر . ومع ذلك فلنطرح الشكوى جانباً ، فحتى من فوق ذلك البعد يمنحنا فويبى ما يجعل أغلب الناس قانعين بالموافقة على أنه أروع منظر منتظم يرى بالعين المجردة فى المجموعة الشمسية (وليس هناك شك فى أن تكاليف الرحلات وأثمانها سوف تقدر تبعاً لذلك) .

ويتم فويبى دورته حول زحل فى ثمانية عشر شهراً تقريباً . ومعنى

ذلك أن ترى الحلقات جانبياً كل تسعة شهور بينما فى منتصف كل فترة من هاتين الفترتين توجد نهاية عظمى للمشاهدة . وعلى السائح الحصيف أن يضبط موعد زياراته لتطابق النهايات العظمى للمشاهدة إذا أمكنه ذلك . أما أولئك الذين يعدون الدولارات فإن عليهم أن يستفيدوا من قيم الرحلات المخفضة أثناء الفترات التى تقترب فيها الحلقات من المنظر الجانبي . وليس ثمة شك فى أن الأسبوعين السابقين والأسبوعين التاليين للمنظر الجانبي للحلقات سوف تكون فى مجموعها « الموسم البطىء» على فويبى .

وهكذا لا يبقى للسائح إلا منظر واحد ربما يكون أكثر المناظر رهبة وأعظمها افتراساً . وهو على الدوام رهيب ومفترس بحيث يعرفه الجميع ، وإنى لأعنى بذلك طبعاً المنظر القريب من الشمس .

وهناك جرمان هامان فى المجموعة الشمسية منهما تبدو الشمس أكبر وأكثر لمعاناً عما تبدو عليه من فوق الأرض ، وهما الزهرة وعطارد . ويمكن عدم الخوض فى أمر الزهرة فإن سحبها تحول دون رؤية الشمس ، وحتى إذا أمكن رؤيتها فإنها سوف لا تكون أكثر من ١,٨ من حجم ودرجة لمعان الشمس كما نبصرها من فوق الأرض .

أما عطارد فهى أفيد فى هذا الصدد ، ففى أبعد نقطها عن الشمس تكون شمس سمائها أربعة أمثال شمسنا من حيث الحجم ودرجة اللمعان . أما فى أقرب نقطها من الشمس فإن هذه النسبة ترتفع إلى أكثر بقليل عن عشرة أمثال حجم ودرجة لمعان شمسنا . وعلى أية حال فإن عطارد

لن يكون مكاناً من السهل الوصول إليه . وإنى لأشعر بأن ترتيبات السياحة إليها سوف تكون دائماً هزيلة .

والذى أفكر فيه ، رغم هذا ، هو حتى حالة أكثر تطرفاً من ذلك . فهناك أحد الكويكبات المسمى إيكاروس تم اكتشافه عام ١٩٤٨ ، مساره هو أقرب ما يكون لمسارات المذنبات . وعند ما يدنو إيكاروس من أبعد نقط مساره عن الشمس وهو يسبح فى فلكه الذى على هيئة قطع ناقص مستطيل يروح إيكاروس مبتعداً عن الشمس إلى أوج قدره ١٨٤,٠٠٠,٠٠٠ ميل (وهى مسافة تزيد على أكبر بعد للمريخ عن الشمس بمقدار ٣٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل) .

وعندما يتحرك نحو حضيض المسار ، على أية حال ، نجد أن إيكاروس يمر بمسار الأرض والزهرة وحتى عطارد ، ثم يقترب بما يعادل نحو ١٧٠٠٠,٠٠٠ ميل فقط على وجه التقريب من الشمس ، محدثاً طنيناً من حولها أثناء دورانه السريع ، ثم يروح بعد ذلك مندفعاً مرة أخرى إلى الأمام .

وعندما يكون فى أقرب نقطة من الشمس يصبح حجمها كما تصبح درجة لمعانها ٣٠ مرة قدر حجم ودرجة لمعان الشمس كما تبدو لنا على الأرض . ومن اللازم أن يتوهج سطح إيكاروس إلى درجة الاحمرار من الحرارة عندما يقترب من الشمس .

وعلى أية حال فإن إيكاروس هذا يكون بعيداً بعداً كافياً عن الشمس

خلال الجزء الأكبر من مساره الذى يسبح فيه، وتستطيع سفن الفضاء أن تحط رحالها عليه فى أمان وطمأنينة . ولنفرض أننا استخدمنا فترة الأمان فى حفر مغارة أو كهف داخل الكويكب الذى يبلغ اتساعه ميلا كاملا، فإن بضعة آلاف الأقدام من الصخر سوف تمنع حرارة الشمس أثناء الاقتراب منها (الصخر عازل جيد) وعندها تستطيع آلات التليفزيون المعدة خصيصاً لذلك بعد تجهيزها بالمرشحات والحماية اللازمة أن تمدنا بمنظر الشمس الذى لا بد أن يكون فخماً إلى حد لا يمكن تصوره .

ومن غير شك سوف تكون محطة الشمس التى على إيكاروس فى متناول يدنا فقط كمعمل علمى . ولن تفتح للسائحين . وعلى أية حال فمن آن إلى آخر قد يعمد أحد الرجال المسئولين علمياً إلى القيام برحلة إلى هناك .

وإذا كان الأمر كذلك فما أبدع القصة التى سوف يرويها لنا .

وأنا شخصياً بعد أن أفكر فى الموضوع بعناية أعتقد أننى سأبقى حيث أنا على الأرض . ولقد جبت أماكن عديدة الآن دون أن أقوم من مقعدى . حتى إن آلتى الكاتبة قد بدأت تتلوث وتبدو على هيئة سفينة الفضاء . وحتى هذا القدر يشغل بالى ونفسى الوديعة التى لا تميل إلى المخاطرة .

ولكن يسرنى أن أقف عند ميناء الفضاء وألوح بيدى مودعاً إذا كان أحدكم يود السفر .

٧ ـ ما بعد بلوتو

اتسعت المجموعة الشمسية فى القرنين الأخيرين اتساعاً كبيراً ثلاث مرات : الأولى عندما اكتشف أورانوس عام ١٧٨١ ، ثم عندما اكتشف نبتون عام ١٨٤٦ . وأخيراً عندما تم الكشف عن بلوتو عام ١٩٣٠ .*

فهل هذه هى كل الحقيقة ؟ وهل لا يوجد كوكب آخر بعيد يمكن اكتشافه ولو الآن ؟ لا نستطيع الجزم بشىء . ولكننا نستطيع على الأقل أن نتأمل ونمعن النظر ، فهذا ما يمنحه لنا حقنا الإنسانى الرئيسى .

وعلى ذلك ـ كيف يمكن أن يكون شكل الكوكب العاشر ؟ قبل كل شىء ، ما يجب أن يكون بعده عن الشمس. للإجابة عن ذلك علينا أن نعود القهقرى إلى القرن الثامن عشر .

فى عام ١٧٦٦ عمل أحد علماء الفلك الألمان المدعو جوهان دانيل تيتيس نظاماً للتعبير البسيط عن البعد من الشمس . ولقد فعل ذلك بأن بدأ بمتوالية من الأعداد كان أولها الصفر ، والثانى ٣ ، وكل عدد يجىء بعد ذلك ضعف العدد الذى قبله ، على النحو التالى :

٠ ، ٣ ، ٦ ، ١٢ ، ٢٤ ، ٤٨ ، ٩٦ ، ١٩٢ ، ٣٨٤ ، ٧٦٨ ...

وبعد ذلك أضاف الرقم ٤ إلى كل حد فى المتوالية ليحصل على ما يأتى :

* اشترك مرصد حلوان فى ذلك . (المترجم)

٤ ، ٧ ، ١٠ ، ١٦ ، ٢٨ ، ٥٢ ، ١٠٠ ، ١٩٦ : ٣٨٨ ، ٧٧٢ ...

والآن مثل متوسط بعد الأرض عن الشمس بالرقم ١٠ . واحسب متوسط بعد أى كوكب آخر حسب حصته أو نسبته . فماذا يحدث ؟ حسناً ، إننا نستطيع أن نعمل جدولا صغيراً يعطى متوالية تيتيس من الأعداد ونقارنها بمتوسط المسافة النسبية من الشمس للكواكب الستة التى كانت معروفة فى زمن تيتيس . وفيما يلى هذا الجدول :

متوالية تيتيس	المسافة النسبية	الكوكب
٤	٣,٩	١ ــ عطارد
٧	٧,٢	٢ ــ الزهرة
١٠	١٠,+	٣ ــ الأرض
١٦	١٥,٢	٤ ــ المريخ
٢٨	ــ	ــ
٥٢	٥٢,٠	٥ ــ المشترى
١٠٠	٩٥,٤	٦ ــ زحل

وعندما أعلن تيتيس هذا الجدول لأول مرة لم يعره أحد أى انتباه خاص ، فيما عدا عالما فلكيا ألمانيا آخر يقال له جوهان بود . ولقد كتب بود عن ذلك عام ١٧٧٢ فدق الطبول بشدة بخصوص هذا الأمر . ولقد كان بود أكثر شهرة من تيتيس إلى حد بعيد ، ولذلك فقد أطلق على هذه العلاقة التى تربط المسافات التى بين الشمس والكواكب اسم قانون بود ، بينما راح تيتيس يخيم حول اسمه الظلام (يرينا هذا أنك

لا تستطيع دائمًا أن تثق بالذرية أو النسل حتى من أجل التقدير — وهذه فكرة تعيننا نحن الحزانى فيما بعد فى لحظات ضيقنا) .

وحتى عندما راح بود يعلن عن المتوالية الرقمية قوبل بأنها لا تزيد على كونها مجرد أرقام لا تستحق سوى ابتسامة مفتعلة . وإنه نظراً لأن ذلك مجرد لهو وتسلية فماذا سنلعب بعدها ؟ ولكن بعد هذا حدثت كل الأعاجيب عام ١٧٨١ .

فقد كان أحد علماء الفلك من الإنجليز الألمانى المولد وهو المسمى فردريك وهلم هرشل (أسقط اسم فردريك وأبدل وهلم إلى وليم عندما أصبح إنجليزيًّا) مشغولا أثناء تلك السنة فى مسح السماوات بأحد المناظير الفلكية المكبرة (تلسكوب) التى بناها لنفسه . وفى ١٣ مارس عام ١٧٨١ عثر على نجم غريب . بدا كأنما هو يعطى قرصًا مرئيًّا بخلاف النجوم الفعلية مهما بلغت قوة التكبير التى كانت فى متناول اليد فى ذلك الوقت (وحتى الآن لهذا الغرض) . ولقد عاود النظر فيها ليلة بعد أخرى . و ١٩ مارس تأكد من أنها كانت تتحرك بالنسبة إلى النجوم .

حسنًا ، إن أى شىء يعطى قرصًا مرئيًا ويتحرك بالنسبة إلى النجوم لا يمكن أن يكون نجمًا . ولذلك وجب أن يكون ذلك الشىء من المذنبات . ولقد أبلغ هرشل الجمعية الملكية أنه اكتشف مذنبًا . ولكن عندما استمر فى الرصد لم يجد ما يبرر أنه لم يكن على هيئة الوبر كالمذنب ، وإنما هو قرص له حافة دقيقة ينتهى عندها كالكواكب . وزيادة على ذلك استطاع أن يحسب مساره بعد أن رصده عدة شهور ، ووجد أن

فلكه ليس قطاعـًا ناقصـًا عظيم الاستطالة كما هو الحال فى مسار المذنب . ولكنه دائرى تقريبـًا كمسار أى كوكب . وأن هذا الفلك يقع بعيداً جداً خارج مسار زحل .

وهكذا أعلن هرشل أنه اكتشف كوكبـًا جديداً . ويا له من شعور . ولما كان المنظار الفلكى قد اخترع منذ قرنين سابقين تقريبـًا فقد تم اكتشاف عدد من الأجرام الجديدة . منها نجوم جديدة وعدة أقمار لكل من المشترى وزحل . ولكن لم يكن قد حدث قط فيما سجله التاريخ أن اكتشف كوكب جديد .

ودفعة واحدة أصبح هرشل أكثر الفلكيين شهرة على الأرض . وفى خلال عام واحد عين فلكيـًا خاصـًا للملك جورج الثالث . وبعد مضى ست سنوات تزوج أرملة غنية . وكانت هناك حركة . لم تتم . ترمى إلى تسمية الكوكب الذى اكتشفه باسم « هرشل » (يسمى الآن أورانوس) .

ومع ذلك فقد كان الاكتشاف مجرد مصادفة وحتى لم يكن حقيقة اكتشافـًا حديثـًا . فأورانوس فى واقع الأمر يمكن أن يرى بالعين المجردة « كنجم » خافت جداً . مما جعله يرى مرات لا حصر لها . ولقد أبصره الفلكيون خلال مناظيرهم وبلغ بهم الأمر أن دونوا موقفه فى مناسبات عديدة . فى عام ١٦٩٠ عمد أول عالم فلكى بريطانى ملكى إلى تحضير خريطة ضمنها بكل حذر أورانوس — كنجم من النجوم .

وبالاختصار كان من الممكن أن يكتشف أى فلكى أورانوس إذا

ما عمد إلى البحث عنه . وكان فى مقدوره أن يأخذ فكره حسنة عن طبيعة هذا الجرم وعن سرعته التى تحرك بها عبر النجوم . لأنه كان عليه أن يعرف بعده عن الشمس قبل ذلك . وحتى من الممكن أن يستعين بقانون بود فى هذا الأمر . والمسافة النسبية التى يعطيها قانون بود للكوكب السابع (على مقياس فيه بعد الأرض يساوى ١٠,٠) هو ١٩٦ . وبعد أورانوس الفعلى هو ١٩١,٨ .

ومن الجلى والواضح أن الفلكيين لم يكونوا ليرتكبوا ذلك الخطأ مرة أخرى . وفجأة كان قانون بود هو القائد إلى الشهرة والمعرفة الجديدة وأعطوه كل ما لديهم . فأولا كان هنالك الكوكب المفقود بين المريخ والمشترى . وعلى الأقل تحققوا اليوم أنه لا بد من وجود كوكب مفقود لأن قانون بود أعطى الرقم ٢٨ بين مسارى المريخ والمشترى . إلا أنه لم يتم التعرف على كوكب هناك . وكان من الضرورى البحث عنه .

وفى عام ١٨٠٠ عمد أربعة وعشرون من الفلكيين الألمان إلى ضم الصفوف ، وعمل مجهود مشترك من أجل العثور على الكوكب . فقسموا السماء إلى أربع وعشرين منطقة وعهد إلى كل عضو منهم بمنطقة . ولكن وأسفا على الخطة والمجهود الذى بذل والإتقان التيتونى . وبينما كانوا يعملون كل الاستعدادات الممكنة اكتشف فلكى إيطالى فى باليرمو بصقلية يقال له جيسيب بيازى بمحض المصادفة ذلك الكوكب .

وأطلق عليه اسم سيريس تخليداً لذكرى الآلهة حارسة صقلية واتضح أنه جرم صغير قطره ٤٨٥ ميلا فقط . كما تبين أنه واحد من

عدة مئات من الكواكب الصغيرة (كويكبات) التى تم اكتشافها فى المنطقة الواقعة بين المريخ والمشترى خلال السنوات التالية . وبهذه المناسبة تم اكتشاف الكويكبات ٢ ، ٣ ، ٤ بمعرفة فريق الفلكيين الألمان خلال سنة أو سنتين عقب اكتشاف بيازى الأصلى . وهكذا لم يضع العمل الجماعى هباء منثوراً . وأكبر المجموعة كلها هو سيريس . وعلى أية حال فلنركز الحديث عليه . فبعده النسبي المتوسط عن الشمس هو ٢٧,٧ ، بينما يشير قانون بود كما قدمنا إلى العدد ٢٨ .

ولم يفكر أى فلكى بعد ذلك فى مناقشة قانون بود وصحته .

وفى واقع الأمر . أنه عندما بدت حركة أورانوس فى مسارة غير منتظمة إلى حد ما . صمم اثنان من الفلكيين على انفراد وهما جون كوتش آدامز الإنجليزى وأربين ج.ج . ليفيريير الفرنسى على أنه من اللازم أن يوجد كوكب بعد أورانوس يؤثر بقوى جذبه على أورانوس . تلك القوة التى لم تكن تؤخذ فى الحساب أو الاعتبار . وفى عامى١٩٤٥ ، ١٩٤٦ حسبا معاً المكان الذى يجب أن يوجد فيه الكوكب الثامن لكى يفسرا الانحرافات الطارئة على حركة أورانوس . ولقد عملا ذلك بأن افترضا فى الابتداء أن البعد عن الشمس هو الذى يعطيه قانون بود . وبعد أن عمدا كذلك إلى صياغة بعض الافتراضات الأخرى أشار إلى نفس المكان العام فى السماء . وبكل تأكيد ثبت وجود الكوكب الثامن نبتون هناك .

وكانت المشكلة الوحيدة أنهم افترضوا فروضاً أساسية خاطئة . فقد

رؤى من اللازم أن تكون مسافة نبتون النسبية من الشمس هى ٣٨٨ ، ولكنها لم تكن كذلك ، فقد كان بعده النسبي ٣٠١ . بمعنى أنه كان أقرب إلى الشمس بنحو ٨٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل عن موضعه الأصلى . وهكذا بضربة واحدة — قضى على قانون بود وجعل أكثر ميتة من سمك الرنجة المجفف ، وعاد إلى أنه لا يزيد على كونه قطعة مسلية من الأعداد .

وعندما تم اكتشاف الكوكب التاسع بلوتو عام ١٩٣١ ، لم يتوقع أحد وجوده على المسافة التى يعطيها قانون بود بالنسبة للكوكب التاسع (تم اختيار نمر الكواكب ، بهذه المناسبة ، بإهمال الكويكبات ، بحيث يصير المريخ الرابع والمشترى الخامس) . وفى الحقيقة لم تكن المسافة كما أعطاها هذا القانون .

ولكن الآن تريث .

هناك أربعة أجرام معروفة تقع فيما بعد أورانوس ، وكل واحد منها شاذ وغريب بطريقة أو أخري . هذه الأجرام الأربعة هى نبتون ، وبلوتو ، بالإضافة إلى تابعى نبتون المعروفين وهما تريتون ونيريد .

وشذوذ نبتون أنه بطبيعة الحال يقع قرب الشمس بمسافة تختلف كثيراً عما يعطيه قانون بود . وشذوذ بلوتو أكثر تعقيداً : فمساره أولا وقبل كل شىء أكثر المسارات لا مركزية من بين الكواكب العظمى . ففى الأوج يبتعد إلى مسافة قدرها ٤,٥٦٧,٠٠٠,٠٠٠ ميل من الشمس ، بينما هو فى الحضيض يقترب إلى مجرد ٢,٧٦٦,٠٠٠,٠٠٠ ميل فقط .

وعلى ذلك فهو فى الحضيض أقرب إلى الشمس من نبتون بمسافة متوسطها فى الواقع نحو ٢٥,٠٠٠,٠٠٠ من الأميال .

وفى هذه الآونة بالذات نجد أن بلوتو يقترب من حضيض مساره . وسيصل الحضيض هذا عام ١٩٨٩ . ولزوج من عشرات السنين فى نهاية القرن العشرين سيظل بلوتو أقرب إلى الشمس من نبتون ، ثم يتحرك إلى ما بعد مسار نبتون متقدماً إلى أوج مساره الذى سوف يدركه عام ٢١١٣ .

وثمة ظاهرة ثانية شاذة بخصوص بلوتو . فحواها أن مستوى مساره يميل بشدة على دائرة الكسوف (التى هى عبارة عن المستوى الذى يقع فيه مدار الأرض). وتبلغ قيمة الميل ١٧ درجة . وهى قيمة تفوق ميل مسار إلى كوكب آخر . وهذا الميل هو الذى يحول على الدوام دون تصادم بلوتو مع نبتون . ورغم أن مساريهما يظهران كأنهما متقاطعان فى حالة التمثيل المعتاد على بعدين للمجموعة الشمسية . فإن بلوتو يعلو بعدة ملايين من الأميال فوق نبتون عند نقطة التقاطع الظاهرية .

وأخيراً فإن بلوتو من الكوكب العجيبة فى حجمها إذ يبلغ طول قطره ٣٦٠٠ ميل ، والذلك فهو أصغر بكثير من أى من الكواكب الأربعة الخارجية . وهو كذلك أكبر كثافة إلى حد كبير . وفى الحقيقة يشبه هذا الكوكب من حيث الحجم والكتلة كوكباً داخلياً مثل المريخ أو عطارد أكثر من مشابهته لأى كوكب آخر .

والآن لندرس تابعى نبتون : فأحدهما المسمى نيريد عبارة عن جرم

صغير قطره ٢٠٠ ميل ، ولم يتم اكتشافه حتى عام ١٩٤٩ . والشيء المستغرب عن أمر هذا القمر هو لا مركزية مساره ، فهو عندما يصل إلى أقرب بعد له عن نبتون تكون المسافة بينه وبين الكوكب ٨٠٠ ٠٠٠ ميل، ثم يروح مبتعداً إلى مسافة تصل إلى ٦،٠٠٠،٠٠٠ ميل فى الناحية الأخرى من المسار . وتفوق لا مركزية نيريد إلى حد كبير أى قدر مماثل فى المجموعة الشمسية ، فليس هناك أى كوكب أو تابع أو كويكب يمكن أن يقارن به فى هذا الصدد ، ولا يضارعه فى لامركزيته أو يفوقها سوى المذنبات .

وعلى عكس نيريد نجد أن تريتون تابع كبير ، يزيد قطره على ٣٠٠٠ ميل (بينما يبلغ قطر القمر التابع للأرض ٢١٦٠ ميلا) ، ومداره دائرى تقريباً . ورغم ذلك فإن الشيء العجيب فى أمره أن مساره يميل بشدة على مستوى خط استواء نبتون ، ويكاد يكون عمودياً على ذلك المستوى .

والآن هناك توابع أخرى فى المجموعة لها مدارات فى واقع الأمر لامركزية، وأخرى مائلة أو منحرفة . وهى تتضمن السبعة الأقمار الخارجية (غير المسماة) للمشترى ، وفوبى القمر التاسع وآخر أقمار زحل من من الخارج . ويتفق الفلكيون على أن الأقمار الخارجية للمشترى وزحل هى فى الغالب كويكبات، وليست أعضاء أصيلة فى عائلة الكواكب . وتكاد الأعضاء الأصلية (مثل أقمار المشترى الخمسة الداخلية ومن بينها الأقمار الجبارة جانيميد ، وأيو ، وكاليستو ، وأيروبا ، وأقمار زحل الثمانية الداخلية ، ومن بينها التابع العملاق تيتان) كلها تدور وتلف

فى مسارات دائرية تقريباً وفى مستوى خطوط استواء كواكبها . وتخضع لمثل هذه القاعدة أقمار أورانوس الخمسة الصغيرة وقمرا المريخ الصغيران . وتعتبر هذه المسارات غير المزاحة أمراً لا بد منه نتيجة الطريقة التى نشأت بها تلك المجموعات من التوابع .

حسناً . ربما يمثل نيريد كويكباً وقع فى قبضة كوكبه . رغم أنه من المستغرب أن يوجد أحد الكويكبات على مثل هذا البعد الكبير وراء حزام الكويكبات . خصوصاً إذا كان كبيراً بمثل هذا القدر (لا يوجد أكثر من خمسة أو أربعة كويكبات فى مثل حجم نيريد) . وهل وقع تريتون تحت قبضة الجاذبية كذلك ؟ وماذا يمكن أن يفعل جرم فى مثل كبر تريتون يتجول فى منطقة نبتون . ألا يقع فى قبضة الجاذبية ؟

ولقد ذهب بعض الفلكيين إلى أن حدثاً ما وقع فى الماضى بالقرب من نبتون ، وهو يقولون إن بلوتو الذى يعادل حجمه إلى حد كبير حجم الأقمار ولا يقارب حجوم الكواكب الخارجية كان فى الأصل وبكل تأكيد تابعاً من توابع نبتون ، وعلى أية حال حدث بطريقة ما أن خرج عن موضعه ودخل فى مساره الحالى الوعر واللامركزى كوكب مستقل . ومن الجائز أن هزة ذلك الحدث أدت إلى ميل مسار تريتون ميلا عنيفاً — ولكن ما هو ذلك الحدث ؟ لم يصفه أحد .

وبطبيعة الحال تعتبر العلامة الوحيدة الظاهرة التى تدل على وقوع ذلك الحدث هى حزام الكويكبات . وليس هناك دليل حقيقى على أنه كان يوجد حتى كوكب واحد هناك، ولكن بالتأكيد يحلو الاعتقاد بأن كوكباً

ما كان فى تلك المنطقة ، وأنه انفجر (بسبب قوى المد والجزر فى قشرته تلك القوى التى ولدها الكوكب العملاق ، المشترى فى أغلب الظن) .

وفى عصرنا هذا يعتبر الانفجار الذى يؤدى إلى تكوين نحو ٤٤٠٠٠ قطعة من الصخر ، منها سيريز الذى يبلغ قطره ٣٨٥ ميلا ، وثلاثة أو أربعة توابع أخرى قطر كل منها ١٠٠ ميل أو أكثر حدثا بكل تأكيد .

ومهما يكن من شىء فإن من الاعتراضات القائمة على هذا الرأى أن الكتلة الكلية لكافة الكويكبات التى بين المريخ والمشترى لا يمكن أن تكون أكثر من عشر كتلة المريخ أو خمس كتلة عطارد . فهى ما زالت بعيدة كل البعد عن أصغر الكواكب فى المجموعة . ولماذا يكون الأمر كذلك ؟ هل كان السبب أن جاره المشترى استحوذ على أغلب المواد الخام اللازمة لتكوين الكواكب ، تاركاً كوكبنا الوهمى قزماً من الأقزام ؟

أو لنفرض أن كسراً فقط من الكوكب الأصلى بقى فى الفضاء بين مدارى المريخ والمشترى بعد الانفجار ؟ وماذا يكون لو أن « الكوكب $4\frac{1}{2}$ » (لا بد أن نطلق عليه هذا الاسم نظراً لأن المريخ هو الكوكب الرابع والمشترى هو الكوكب الخامس) أرسل جزءاً كبيراً منه ليسبح فى أعماق الفضاء ؟ إننا نستطيع تصور مثل هذه القطعة وهى تنطلق على بعد سحيق بين المشترى وزحل وأورانوس ومن ثم يمسكها أو يزيح مسارها بشدة الكوكب نبتون .

وربما كانت القطعة قد وقعت فى قبضة جاذبية نبتون لتدور فى

مسار شاذ وأصبحت تريتون . بينما خرج بلوتو . الذى كان تابع نبتون الأصلى . إلى مسار مستقل من مدارات الكواكب نتيجة لذلك . أو ربما انحرفت قطعة الكوكب ٤½ إلى المسار الكوكبي . وصارت بلوتو . بينما سببت قوى جاذبيتها انحرافاً فى مسار تريتون . أو قد تكون كافة هذه الأجرام السماوية بلوتو . وتريتون . ونيريد هى أجزاء من الكوكب ٤½ .

ومصدر الضجر فى كل هذا هو كيف يمكن انفجار الكوكب ٤½ أن يرسل مثل هذا القدر من المادة بعيداً عن الشمس عبر مسافات كبيرة، كلها فى اتجاه واحد . هل يكون من الممكن أن ذلك تم توازنه عن طريق إرسال كتلة مساوية على وجه التقريب إلى الداخل تجاه الشمس ؟

وهذا يثير السؤال الخاص بقمرنا بالذات . فعلى غرار تريتون ينحرف قمرنا على مستوى خط استواء الابتداء . ولكن ليس بزاوية كبيرة وإنما بزاوية قدرها ١٨ درجة . ومساره على قدر ما من اللامركزية كذلك . وزيادة على ذلك فالقمر كبير جداً بالنسبة لنا . فالكوكب الذى فى مثل حجم الأرض ليس له دخل بمثل هذا القمر الكبير . ومن بين الكواكب الداخلية نجد للمريخ تابعين صغيرين ليس لهما اعتبار يذكر . بينما ليس للزهرة ولا لعطارد أى قمر أو تابع .

وكتلة القمر نحو $\frac{1}{80}$ من كتلة الأرض . ولا يوجد فى المجموعة الشمسية تابع آخر تقارب كتلته هذا القدر بالنسبة إلى الكوكب الذى يتبعه .

فهل من الجائز إذاً أن الأجزاء التى تطايرت إلى الداخل من الكوكب

٤½ وقعت فى قبضة جذب الأرض وصارت القمر ؟ يلوح . كما أرى . أن هذا غير محتمل — ولكن لا مغرم فى التكهن أو التخمين . لنفرض أن أجزاء القمر تناثرت أكثر باقترابها من الأرض ووقعت تحت تأثير مجال جاذبية الأرض. فمن الجائز أن قطعة قد أبطأت من هذه الأجزاء إلى الحد الذى يكفى لوقوعها فى* قبضة الأرض . بينما انطلقت أخرى بسرعة سمحت لها بالهروب من المجموعة الشمسية كلها .

أو ربما . عندما نكدس عدم الاحتمال على عدم الاحتمال ، لم تهرب أو تفلت هذه القطعة الأخيرة ولكنها وقعت فى قبضة الشمس ، إذا صح هذا التعبير . وصارت عطارد ، التى لها . من بعد بلوتو ، أكبر لا مركزية وأعظم المسارات ميلا من بين أغلب الكواكب .

وإذا ما جمعت أجرام القمر . وتريتون ، وبلوتو ، وعطارد . كلها بعضها مع بعض مع حطام الكويكبات التى بقيت فى المسار الأصلى نحصل على جرم أكبر كتلة من المريخ ، وهذا كوكب له شيمته يصلح ليكون فى موضع الكوكب ٤½ .

وبالطبع لا أستطيع أن أتصور مدى دخل هذا فى حقيقة أن مسار نبتون أقرب بكثير إلى الشمس عما يجب أن يكون ؛ ولكن ليس لنا أن نحصل على كل ما نريد . ولنترك تفسير النقط الحدس للفلكيين ونستمر لنمتع أنفسنا بالانشراح بالخيال الذى لا حدود له . وفى مقدورنا أن نفترض أن كل الأجرام التى بعد أورانوس إنما تكون وحدة واحدة يمكن اعتبارها

* يعنى تدور فى مسار من حولها . (المترجم)

بمثابة الكوكب الواحد الذى تظل علاقته بالشمس كما يجب أن تكون فى المتوسط . ولكن العلاقة بالنسبة إلى الأجزاء المستقلة يخيم من حولها الغموض بسبب حادث الانفجار ؛

وإذا ما أخذنا فى الاعتبار متوسط المسافة للمجموعة كلها نجد أنها (شكراً لبلوتو) تساوى ٣,٦٦٦,٠٠٠,٠٠٠ ميل . وهى على أساس أن بعد الأرض يساوى ١٠ تعادل ٣٩٥ .

والآن لنعمل جدولا جديداً لمتوالية تيتس على هذا النحو :

متوالية تيتيس	المسافة النسبية	الكوكب
٤	٣,٩	١ ــ عطارد
٧	٧,٢	٢ ــ الزهرة
١٠	١٠,٠	٣ ــ الأرض
١٦	١٥,٢	٤ ــ المريخ
٢٨	٢٧,٧	٤$\frac{1}{2}$ ــ سيريز
٥٢	٥٢,٠	٥ ــ المشترى
١٠٠	٩٥,٤	٦ ــ زحل
١٩٦	١٩١,٨	٧ ــ أورانوس
٣٨٨	٣٩٥	٨ ــ ٩ بنتون ــ بلوتو
٧٧٢	؟	١٠ ــ الكوكب العاشر

وإذاً فلكى نجيب عن السؤال الذى وجهته فى ابتداء هذا الباب . يجب أن يكون الكوكب العاشر فى الموضع ٧٧٢ . ومعنى ذلك أن متوسط

بعده عن الشمس يجب أن يكون ٧٢٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل .

وماذا يكون حجمه ؟ حسناً . إذا ما أهملنا بلوتو وأخذنا فى الاعتبار الكواكب الأربعة الخارجية الأخرى فقط نجد نقصاً منتظماً فى القطر كلما تحركنا من المشترى إلى الخارج . فالأقطار هى ٨٦٧٠٠ (المشترى) و ٧١٥٠٠ (زحل) و ٣٢٠٠٠ (أورانوس) . و ٢٧٦٠٠ (نبتون) ، وعندما نجرى هذه العملية نفترض أن قطر الكوكب العاشر يساوى ١٠,٠٠٠ ميل وهو رقم رائع لا كسور فيه .

وبمثل هذا القطر وعلى مثل ذلك البعد من الشمس (ومنا) يلزم أن يكون قدر الكوكب العاشر الظاهرى هو ١٣ ، مما يجعله أكثر لمعاناً عن بلوتو الأقرب إلينا . وسوف يظهر له قرص صغير جداً . ولكن أى قرص هناك كان يبدو أكبر من قرص بلوتو الأصغر والأكثر قرباً منا . حسناً إذاً لما كان بلوتو قد اكتشف ولم يتم كشف الكوكب العاشر الأكبر والأكثر لمعاناً ، فهل ذلك يعنى أن الكوكب العاشر لا وجود له ؟

ليس هذا ضرورياً . فلقد لوحظ بلوتو من بين فيض متغير من النجوم التى لها نفس القدر أو أكثر لمعاناً وذلك نظراً لأنه كان يتحرك بينها ، وكذلك شأن الكوكب العاشر . ولكن بمعدل أقصر بكثير . ومن قانون كيلر الثالث نستطيع أن نثبت بالحساب أن زمن دوران الكوكب العاشر يلزم أن يكون ٦٨٠ عاماً ، أو ما يعادل على وجه التقريب ثلاثة أضعاف فترة دوران بلوتو . وعلى ذلك فإن الكوكب العاشر يتحرك بمعدل لا يتجاوز ثلث المعدل الذى يحرك به بلوتو أمام النجوم . ومن اللازم أن يستغرق

الكوكب العاشر سنة كاملة ليغير موضعه بمقدار يعادل اتساع القمر الكامل . وليس هذا هو نوع الحركة التى يمكن رصدها بسهولة بمسح عرضى للسماء . أو ربما يكون هو قد رصد عدة مرات ولكن لم يتعرف عليه أحد . كما كان الحال مع أورانوس .

والشيء الذى أنظر إليه كأمر غير عادى بخصوص الكوكب العاشر هو انعزاله التام . فهو يوجد على بعد من نبتون. عندما يكون هذا الأخير أقرب ما يكون بالنسبة إليه . يعادل ضعف بعدنا على الأرض منه (أى من نبتون) . وفى أغلب الأوقات يبعد عن بلوتو بمسافة أكبر من بعدنا نحن عن بلوتو . ويقترب هذا الأخير مرة كل ٢٧٠٠ سنة مع توافر أحسن الظروف . ويصبح على بعد ٢½ بليون ميل من الكوكب العاشر (تعادل المسافة بين الأرض ونبتون) . ولا يوجد أى جرم آخر يحتمل أن يكون كوكباً أو تابعاً أو مذنباً على بعد ٤½ بليون ميل منه .

وهنا لا تدرك العين المجردة الشمس على هيئة قرص مرئى بطبيعة الحال . بل تبدو على هيئة النجم تماماً . ولا تزيد فى الكبر على كوكب المريخ كما يبدو لنا عندما يبلغ أقرب بعد عنا . وعلى أية حال فرغم أن الشمس سوف تكون نقطة من الضوء فإنها تظل أكثر من ستين مرة قدر لمعان قمرنا عند الاكتمال ، وأكثر من لمعان الشعرى اليمانية مليون مرة ، فهى ثانى جرم فى السماء من حيث درجة اللمعان .

وإذا ما كانت هنالك أية مخلوقات مفكرة على الكوكب العاشر فإن هذا وحده يمكن أن يدلهم على أن أمر ذلك النجم يختلف عن غيره من

النجوم . وأكثر من ذلك إذا ما عمدوا إلى التدقيق فى الرصد فإنهم سوف يرون أن الشمس تغير موضعها باستمرار ، وببطء ، بالنسبة إلى النجوم الأخرى .

أما بالنسبة إلى الكواكب فإن كافة أعضاء المجموعة الشمسية المعروفة سوف تبدو معلقة بالشمس . وحتى بلوتو عندما يرى من على مثل هذا البعد وراء مساره لن يفارق الشمس بأكثر من ٤٠ درجة ، حتى عندما يكون فى أوج فلكه فى فترة أعظم استطالة . وتبقى كافة الكواكب الأخرى مع الشمس جنباً إلى جنب فى كل الأوقات .

وعندما ترصد الزهرة وعطارد من الكوكب العاشر لا يمكن أن يزيد بعدهما عن الشمس على قطر قمرنا الكامل . وتبتعد الأرض أحياناً إلى مسافة تصل إلى نصف اتساع القمر الكامل ؛ كما أن المريخ سوف يتباعد بانتظام من آن إلى آخر عبر مسافة تصل إلى ضعف اتساع القمر الكامل . وإنى لأشعر شعور الواثق من أنه حتى مع عدم وجود جو يحول دون نفاذ الإشعاعات تفقد الكواكب الأربعة وسط لمعان الشمس التى فى اتساع النقطة ؛ وبذلك لن ترى قط من الكوكب العاشر من غير معدات خاصة .

وبذلك تبقى فقط الكواكب الخمسة الخارجية ؛ وهى المشترى ، وزحل وأورانوس ؛ ونبتون ، وبلوتو ؛ ويمكن رؤيتها عندما تكون تماماً إلى جانب معين من الشمس ؛ وفى تلك الأثناء تبدو (فى المناظير الفلكية المكبرة) على هيئة أهلة بدينة أو سمينة . وفى ذلك الوضع سوف

تكون مجموعة المشترى وزحل وأورانوس ونبتون كلها على وجه التقريب على نفس البعد من الكوكب العاشر . وربما يكون بلوتو تحت الظروف الملائمة أكثر قربًا من باقى المجموعة .

ويعنى ذلك أنه عندما نتخلص من عامل البعد يبدو زحل أكثر إظلامًا من المشترى ، وذلك نظراً لصغر زحل النسبي وكبر بعده عن الشمس ، ومن ثم تقل قوة استضاءته . ولنفس السبب يكون أورانوس أكثر إعتامًا من زحل ، ونبتون أكثر إعتامًا من أورانوس ، وبلوتو أكثر إظلامًا من نبتون .

وفى واقع الأمر نجد أنه على الرغم من أن أورانوس ونبتون وبلوتو تزداد قربًا من الكوكب العاشر أكثر من المشترى وزحل خلال الاقتران المتأخر فهى لا ترى بالعين المجردة .

ولا يظهر إلا المشترى وزحل من فوق الكوكب العاشر من غير معدات خاصة . ولن يكون مظهرهما رائعًا . فالمشترى عندما يبلغ أقصى درجات لمعانه يصبح قدره نحو ١,٥ ، أو على وجه التقريب قد رأس التوأم المقدم ، ويحدث ذلك فقط خلال نحو عام من كل ستة أعوام ، وعندئذ يبلغ بعده عن الشمس ٤ درجات ، وربما تصعب مشاهدته . أما بالنسبة إلى زحل فسوف تكون له فترة دورية قوامها عامان كل خمس عشرة سنة عندما يصعد إلى بريق قوامه ٣,٥ ، وهو قدر النجوم المتوسطة ، وهذا كل ما هنالك .

ومن غير شك سوف يعمد الفلكيون على الكوكب العاشر إلى تجاهل

الكواكب تماماً . فأى عالم آخر فى المجموعة إنما يعطيهم منظراً أروع إلا أنهم سوف يرقبون النجوم . وسوف يمنحهم الكوكب العاشر أكبر تغيرات الوضع الظاهرى* فى المجموعة[نظراً لمساره الممتد عبر مسافات شاسعة (وبالطبع يكون عليهم الانتظار ٣٤٠ سنة للحصول على التغير الكامل فى الوضع الظاهرى) . ويمكن تعميم قياسات أبعاد النجوم بتغيير الوضع الظاهرى ، وهى أعظم الطرق إتقاناً وأكثر ما يعتمد عليه فى هذا الصدد ، والدخول بها مائة مرة إلى أعماق الفضاء بالنسبة إلى ما هو كائن اليوم .

وثمة نقطة أخيرة ، فماذا يجب أن نسمى الكوكب العاشر ؟ علينا أن نلزم جانب التقليد القديم الذى ورثناه . ولما كان الكوكب التاسع يدعى بلوتو فربما يكون هناك ميل أو تكون هناك رغبة لتسمية الكوكب العاشر باسم زوجته بروزيربينا ، إلا أن هذه الرغبة يجب أن تقاوم ، فإن بروزيربينا هو الاسم السائد لأى تابع لبلوتو يمكن أن يكتشف ، ومن اللازم أن يحتفظ به لهذا الغرض على الدوام .

ومهما يكن من شىء فقد كان للإغريق من يحمل أرواح الموتى إلى هيدس مدفن بلوتو وبروزيربينا . وكان اسمه كارون . وكان هنالك كذلك حرس له رءوس كلاب ثلاثة يحمى مدخل هيدس وكان يقال له سيربيرس .

ولهذا فإنى أقترح أن يسمى الكوكب العاشر كارون وأول تابع

---

* من التجارب التى تجرى فى معامل الفيزياء . (المترجم)

يكتشف له يسمى سيربيرس .

وبعد ذلك فإن أى سائح وهو فى طريق العودة إلى مقره على الأرض عندما يقترب من المجموعة الشمسية على مستوى الكسوف يكون لزامًا عليه أن يعبر مسار كارون وسيربيرس ليصل إلى فلك بلوتو وبروزيربينا . فماذا يمكن أن يكون رمزاً أقرب من هذا ؟

٨ ــ سلم الصعود إلى النجوم

هنالك شيء غير مقنع فى جوهره بالنسبة إلى ما يتعلق بمسألة غزو المجموعة الشمسية على النحو الذى تبدو عليه . فنحن نعرف أكثر من اللازم عما سنجد ، ولكن ما سنجد لا يكفى .

ومع ذلك فإنه فيما عدا بعض الأشياء التى يمكن أن تحكى الحشائش الأشنية على المريخ فإن عوالم المجموعة الشمسية الأخرى كلها قاحلة مجدبة (ما لم تكن هنالك معجزة ليست فى الحسبان) .

وبكل تأكيد ، سوف نحصل على كافة أنواع القرائن والمعلومات . وخلال الوصول إلى هذه العوالم الحالية سوف نتوصل إلى عمل سبائك معدنية لها قيمتها ، ومواد من البلاستيك، وأنواع من الوقود ، وسوف نستنبط وسائل مفيدة فى فنون تصغير الصور والتحرك الذاتى والحساب . وإننى لن أقلل من قيمة التقدم فى أى فرع من هذه الفنون .

ولكن سوف لا تكون هنالك أميرات مريخيات ، ولا دواب تهددنا بقرون استشعارها ، ولا كائنات ذات طاقات تفوق فى ذكائها حدود البشر ، ولا زواحف هائلة جبارة مخيفة نعود بها إلى حدائق الحيوان . وبالاختصار لن تكون هنالك أية رواية مثيرة .

ولكن لكى نحقق النتائج ويتم النفع الذى يعود علينا من أسفار الفضاء يجب علينا أن نصل إلى النجوم . وعلينا أن نجد الكواكب التى على غرار الأرض التى يحتمل أن تدور فى كنفها ، حاملين إلى من فيها كافة مقومات (نرجو ذلك) الصداقة والعداء والإنسان الكامل والهائل الجبار .

ولكن كيف يمكن أن نصل إلى النجوم ؟ من الجائز أن يكون القمر على باب الطريق ، والمريخ على عتبة الباب ، ولكن النجوم هى الطريق الذى لا ترى نهايته .

فالقمر عندما يدنو منا يبعد عنا بمقدار ٢٢٢,٠٠٠ ميل ، والمريخ ٣٥,٠٠٠,٠٠٠ ميل ، وحتى بلوتو أبعد الكواكب المعروفة ، لا يبعد عنا بأكثر من ٤,٦٥٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل . ومن ناحية أخرى نجد أن مجموعة رجل قنطورس (الفاسنتاورى) التى تتضمن أقرب النجوم إلينا تبعد عنا بمقدار ٢٥,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل .

وفى معنى آخر عندما يصل طريقنا إلى نهاية المجموعة الشمسية ونقف على بلوتو نكون قد قطعنا مسافة هى فى أحسن الأحوال $\frac{١}{٥٠٠٠}$ من طول المسافة التى يجب أن نقطعها من أجل الوصول إلى أقرب النجوم المراد الوصول إليها .

وكم يكون لطيفاً حقاً لو أن هنالك سلماً للصعود إلى النجوم ، أى كانت هناك أجرام بين بلوتو والنجوم يمكن أن تعطينا على الأقل مجالا للتنفس ، ومأوى نثبت عليه أقدامنا ونرتاح فيه من الإجهاد خلال رحلتنا الطويلة إلى أقرب النجوم .

وأنا عندما أصرح بملاك أستطيع أن أبتسم فى حماسة وأقول إن هنالك سبباً وجيهاً يدعونا إلى الاعتقاد بأن مثل هذا السلم يوجد فعلا . وإنى لا أقصد النجوم المظلمة التى قد توجد أو لا توجد بيننا وبين كوكبة قنطورس ، ولا أعنى الكواكب التى بعد بلوتو ، والتى قد تكون حقيقة أو خيالا . ولكننى أقصد الغلاف الرقيق من الكويكبات التى تحيط بالشمس بعيداً جداً عن مسار بلوتو ولها هالة سوداء . وهى قشرة كويكبات أصغر بكثير من المجموعة الشمسية المعروفة وتدل كافة الاحتمال على تواجدها .

ولكى أقص عليك أمر هذه الكويكبات سوف ، كما أفعل عادة ، أبدأ بأول القصة . وفى هذه الحالة يتضمن أول القصة المذنبات .

منذ زمن طويل والناس يعتبرون المذنبات علامات شؤم ونذر باقتراب السوء ، وكان لهم عذرهم فى ذلك .

وعلى أية حال فإن السموات فى أغلب أرجائها ذات منظر ثابت لا يتغير ، أو هى على الأكثر ذات تغيرات دورية لها جلالها . فالشمس تشرق وتغرب ، وينساب القمر خلال أوجهه ، وتحتفظ النجوم الثوابت بمواضعها تماماً من جيل إلى جيل ، بينما الكواكب تتجول بينها جميعها فى مسارات معقدة إلا أنها يمكن التكهن بها .

إن كل شىء على ما يرام . وكل شىء هادئ .

ثم يظهر سريعاً . ومن غير مكان ظاهر ، مذنب من المذنبات .

وهو ليس على غرار شيء ما في السماء . فالنواة التي على هيئة النجم اللامع يحيط بها مسار من الضوء مثل الزغب أو الوبر ، ويمتد منها كذلك ذيل ينساب كالسهم ليعبر نصف السماء . وكما يجيء من غير مكان ظاهر يختفي المذنب في غير مكان ظاهر . ولم يكن في استطاعة أحد أن يتكهن بموعد ظهوره أو اختفائه ، وكل ما كان يمكن أن يقال عنه إنه عكر صفو الأمان والهدوء في السماء .

وكان ذلك في حد ذاته كافياً للاضطراب ، أضف إليه شكلة الغريب غير المألوف ، فهو يشبه امرأة شاردة العقل تمزق السماء في خبل وجنون ، بينما ينساب شعرها غير الملوم من خلفها مع الريح . وكلمة مذنب بالذات (كوميت) أصلها اللفظ الإغريقي (كوميتيس) ومعناها (ذات الشعور الطويلة) .

وبالطبع ليس في وسع أي رجل عادي إلا أن يفترض أن مثل هذا الجرم المخيف الذي يظهر فجأة إنما يرسله إله ما لإنذار الناس بالويل والثبور وعظائم الأمور . وزيادة على ذلك فإنه لما كانت الحياة الإنسانية تصيبها المحن كل عام دون توقف ، يبدو أن هذه النظرية لم تولد خطأ ، فبعد ظهور المذنب تقع المحن ، فإنه بكل تأكيد لا يمضي عام على ظهور المذنب إلا وتنشب الحرب ، أو ينتشر الطاعون ، أو يعم القحط في مكان ما ، أو يموت رجل ذائع الصيت ، أو تظهر الهرطقة والمروق على الدين ، أو أي شيء من هذا القبيل .

وظهر آخر مذنب يستحق المشاهدة عام ١٩١٠ . ونجح فى تخويف العديد من الناس وحملهم على الاعتقاد بأن نهاية العالم قد حلت دون شك . (وقد أنذر ، كما يعتقد أى معتوه ، بموت مارك توين ، وغرق السفينة تيتانيك . ومجيء الحرب العالمية الأولى وطائفة كاملة من المصائب)

وعلى أية حال . فسواء أكان للمذنب أثره وفعله أم لم يكن ، فما هى طبيعته ؟ كان أرسطو ومن تبعوه من مفكرى العصور الوسطى يعتقدون بأن السموات فى حالة من الكمال ولا تتغير . ولما كانت المذنبات تجيء وتروح ولها ابتداء ونهاية (على عكس النجوم والكواكب) فهى ليست كاملة وتتغير . وعلى ذلك فلا يمكن أن تكون جزءاً من السماء ، وإنما ظواهر جوية . قوامها أبخرة أهوية رديئة ، ومن ثم فهى جزء من أرضنا البائسة الفاسدة .

ولم تحطم هذه الفكرة حتى عام ١٥٧٧ ، عندما قام عالم الفلك الدانمركى تيكو برا بقياس تغير الوضع الظاهرى لمذنب لامع ظهر خلال ذلك العام ورسم موضعه كما بدا أمام النجوم من مرصده بالدانيمرك ومن مرصد آخر فى براغ . ولقد كان التغير فى الوضع الظاهرى من الصغر بحيث تعذر قياسه . وليس هذا بالأمر العجيب ، إذا أخذنا فى الاعتبار القصر النسبى لخط القاعدة (نحو ٥٠٠ ميل) وحقيقة إن هذا القياس كان يعمل قبل اكتشاف المنظار الفلكى المكبر (التلسكوب) ، وعلى أية حال فحتى مع ذلك ، إذا ما كان المذنب على بعد ٦٠٠,٠٠٠ ميل من الأرض فإن تغير وضعه الظاهرى كان يمكن ملاحظته وإدراكه . ولقد استنتج

تيخو بناء على ذلك أن المذنب يلزم أن يكون على الأقل على بعد من الأرض يساوى ثلاثة أضعاف بعد القمر عنها ، وبذلك صار ذلك المذنب على أية حال ، جزءاً من السموات ، وظهر خطأ أرسطو .

وبقيت المذنبات مصدراً للمتاعب حتى بعد إضافتها للسماء وفصلها عن الأرض . فهى لم تتفق مع أية مجموعة من مجموعاتها . وعندما وضع كبرنيق الشمس فى مركز المجموعة الشمسية ، وجعل كيلر مسارات الكواكب السيارة على هيئة القطاعات الناقصة (إهليلج) بدأ تصميم الكواكب يأخذ شكله ورونقه فيما عدا المذنبات ، فلقد ظلت تجىء من غير مكان وتختفى فى غير مكان ، وبقيت تمثل أجراماً منغصة لا تخضع للقانون فى مملكة الشمس .

ثم جاء نيوتن بقانون الجاذبية الذى فسر به بكل جلاء حركات الكواكب . فهل أمكن أن يفسر به كذلك حركات المذنبات ؟ لقد كان فى ذلك بكل تأكيد اختبار القانون اختباراً عظيماً .

وفى عام ١٧٠٤ بدأ أدموند هالى ، من أصدقاء نيوتن الحميمين ، البحث فى مسارات المذنبات المختلفة فى المناطق التى توافرت فيها أرصادها ، وذلك للوقوف على ما إذا كانت حركتها تفى بمطالب رياضة الجاذبية ، فدرس أرصاد أربعة وعشرين مذنباً مختلفاً .

وكان مذنب عام ١٦٨٢ هو أحسنها من حيث توافر الأرصاد ، خصوصاً وقد رصده هالى بنفسه . وعندما حسب مساره وجد أنه كان

يمر بنفس أرجاء السماء التى مر بها مذنب عام ١٦٠٧ ، أى قبل ذلك بخمسة وسبعين عاماً ، ومذنب عام ١٥٣١ الذى ظهر قبل هذا الأخير بستة وسبعين عاماً أخرى .

وتساءل الرجل هل من المحتمل أن نفس المذنب كان يجىء أو يعود فى فترات قوامها نحو خمسه وسبعين عامـاً ، بعد مرورها فى مسار على هيئة القطع الناقص الذى تبد درجة لا مركزيته الحد الذى معه تصل نهايته البعيدة إلى ما بعد زحل بكثير ، وهو أبعد كوكب كان يعرف فى ذلك الحين ؟

(كان المذنب الذى ظهر فى السماء عام ١٩١٠ هو مذنب هالى كذلك) .

وولد هذا إحساساً بأن المذنبات ، أو على الأقل أحد المذنبات ، تلزم أمكنة معينة ، وأنها أعضاء فى المجموعة الشمسية وتخضع لقوانينها . ومنذ ذلك الوقت عرفت مذنبات عديدة أخرى بمساراتها الثابتة . ولا يوجد الآن ، وأخيراً ، أى سبب منطقى يدعونا إلى الاعتقاد بأن المذنبات من علامات النذر بالشر مما يحول دون استعداد الناس لنهاية العالم عندما يظهر من جديد مذنب هائل .

والآن عندما نسلم بأن المذنبات ما هى إلا أعضاء عادية فى المجموعة الشمسية ، تخضع لنفس قوانين الحركة التى تخضع لها الكواكب السيارة ، فماذا تكون إذاً . حسناً ليس أمرها بالعجيب .

وكثيراً ما اقتربت المذنبات من أحد الكواكب المختلفة فغيرت هذه من أفلاكها التى تسبح فيها ؟ وكان هذا التغير فى بعض الأحايين عظيماً بسبب قوة جذب الكوكب (تجعل مثل هذه الاضطرابات من العسير التكهن بموعد أوبة المذنب بدقة كافية) . ولا تتأثر الكواكب بدرجة ملحوظة تحت تأثير مجالات جذب المذنبات . فلقد حدث أن مر مذنب عام ١٧٧٩ بالفعل بمجموعة توابع المشترى دون أن يحدث على تلك التوابع أى أثر يذكر .

والاستنتاج الظاهر بوضوح هو أنه رغم كبر حجوم المذنبات ، ورغم أن بعضها أعظم حجماً من الشمس ، فإن كتلها صغيرة . ولا تتعدى كتلة المذنب الكبير مهما بلغت كتلة أحد الكويكبات المتوسطة الحجم .

وإذا كان الأمر كذلك فإن كثافة مادة المذنب يجب أن تكون صغيرة إلى أقصى حد ، أقل بكثير من كثافة غلاف الأرض الجوى . ويدلل على ذلك بأن النجوم يمكن أن ترى خلال ذيل المذنب دون أن يتأثر لمعانها بدرجة تذكر . وفى عام ١٩١٠ مرت الأرض بذيل المذنب هالى ولم يحدث أثر ملموس . وفى الحقيقة مر مذنب هالى بين الأرض والشمس واختفى كل شىء ، ونفذت أشعة الشمس من خلاله كما لو كان فراغاً .

ومنذ سنوات ابتدع الأستاذ فريد هويبل بجامعة هارفارد نظرية لاقت كثيراً من الرواج فى هذه الأيام وهى تتعلق بتركيب المذنبات .

فلقد افترض أن أغلب مادة المذنبات من « الثلوج » أى من مواد صلبة درجات إسالتها منخفضة مثل الماء ، والميثين ، وثانى أوكسيد الكربون ، والأمونيا وما على شاكلة ذلك . فعندما تبتعد المذنبات عن الشمس تصبح هذه المواد فى حالة الصلابة دون شك ، ويصير كل مذنب جرماً صغيراً صلباً . ولكنها عندما تقترب من الشمس يحدث على أية حال أن تتبخر بعض « ثلوجها » ويجبر الغبار والبخار المتكون على التطاير بعيداً عن الشمس تحت تأثير ضغط إشعاع الشمس الضوئى .

ومن المؤكد تماماً (كما شوهد عام ١٥٣١) أن ذيل المذنب يشير دائماً إلى اتجاه متباعد عن الشمس بوجه عام . فهو ينساب خلف المذنب عندما يقترب هذا الأخير من الشمس. ولكنه يأتى فى أعقاب المذنب أى يتبعه فى حالة تباعده عن الشمس . وزيادة على ذلك فإنه كلما ازداد قرب المذنب من الشمس عظم ذيله .

ولا يتكون للمذنب غلاف جوى له قدره من الوزن بحيث يدفعه ضغط الإشعاع بعيداً ليفقد كما قد يتبادر إلى ذهنك ، فإن الثلاجات فى حد ذاتها موصلات رديئة للحرارة ، كما تظل المذنبات بجوار الشمس خلال فترة قصيرة من الزمان . فهى تتراجع محتفظة بأغلب مادتها معها .

ومع ذلك فإن المذنب فى كل مرة يعود فيها إنما يفقد جانباً من مادته ، فكل ما يتسرب إلى الذيل يختفى فى الفضاء ولا يعود أبداً . ومن المحتمل أن مرور المذنب عشرات المرات بالقرب من الشمس يكفى لإنهائه . وحتى المذنب الذى يعود خلال فترات قدر كل منها قرن أو

ما يقرب من ذلك لا يتوقع لها أن تظل باقية أكثر من عدة آلاف السنين فى أحسن الأحوال . ولذلك يجب علينا إذاً أن نرى المذنبات تفنى وتموت خلال العصور التاريخية .

وهذا عين ما نراه . فقد كان مذنب هالى عندما عاد عام ١٩١٠ مظلماً لدرجة مخيبة للأمل بالنسبة لأوصافه السابقة . ومن المحتمل أن يخيب الأمل بدرجة أكثر عندما يعود فى الموعد المقدر له عام ١٩٨٦ . إنه يحتضر .

وقد حدث بالفعل أن ماتت بعض المذنبات عندما راح الناس يرصدونها ، وخير مثل على ذلك هو مذنب بيلا الذى اكتشف أول مرة عام ١٧٧٢ بوساطة الفلكى الألمانى ولهلم فون بيلا . فلقد كانت فترة دورانه نحو ٦,٦ سنوات ، وتم رصده خلال عدة مرات آب فيها ورجع مقترباً من الشمس . وفى عام ١٨٤٦ وجد وقد انقسم إلى نصفين ينساب كل منهما بجانب الآخر . وفى عام ١٨٥٢ ازدادت المسافة الفاصلة بين الجزئين ، ولم يشاهد مذنب بيلا مرة أخرى بعد ذلك ، فقد مات واندثر .

ولكن ليس هذه نهاية القصة . فهناك مجموعة من النيازك تجرى فى مدار المذنب ، ونحن نعرف ذلك لأنه فى عام ١٨٧٢ كان على مذنب بيلا أن يمر قريباً من الأرض لو أنه ظل على قيد الحياة . ولكن الذى حدث أنه لم يكن هناك مذنب ، إلا أننا* عبرنا رخات من الشهب كانت

* يعنى الأرض . (المترجم)

تخرج من البقعة التي توقع أن يحتلها المذنب .

ويلوح أن ثلوج المذنب تتضمن فى داخلها عدداً كبيراً من حبيبات وجسيمات صغيرة جداً كرأس الدبوس من المعدن والسليكات . وعندما يختفى الثلج الذى يمسكها بعضها مع بعض تتفرق هذه المكونات . وقد تكون الشهب الصغيرة والشهب المجهرية التى يعج بها الفضاء الآن هى أشباح مذنبات ماتت من زمان سحيق . .

ومن الجلى والواضح أنه ، إذا كانت حياة المذنبات قصيرة بهذا الشكل . ولكنها تظل عديدة على النحو الذى نراه (يتم الكشف عن العديد منها كل سنة) ، رغم أن المجموعة الشمسية قد وجدت منذ خمسة بلايين سنة ، فلا بد أن هنالك مدداً مستمراً منها يدخل المجموعة ولكن من أين تأتى إذاً ؟

أسهل إجابة هى أن نقول بأنها تأتى من الفضاء الذى بين النجوم ، وقد تكون من الأجرام المتجولة بين النجوم ، وقد يدخل بعضها من آن إلى آخر مجال جذب الشمس فيومض فريق منها من حولها ويحترق إلى الأبد ، بينما يدخل فريق آخر فتمسكه الكواكب ويصبح هذا الفريق مذنبات دورية معرضة للموت السريع .

وهناك عدة آراء ضد هذا الاحتمال . فأولا لكى توجد أجرام متجولة بين النجوم تهاجر إلى مجموعتنا الشمسية بالمعدل الذى تهاجر به المذنبات يتطلب ذلك أن يمتلىء الفضاء المنتشر بين النجوم بعدد من المذنبات لا يوجد ما يبرره من القرائن . وزيادة على ذلك فإن عدداً وفيراً منها

لابد أن يدخل المجموعة الشمسية من الاتجاه الذى تسير نحوه الشمس، ويفوق هذا العدد ما يدخل من الاتجاه الآخر . ولكن مهما يكن من شيء فليست هذه هى الحقيقة والواقع ، فإن المذنبات تأتى من جميع الاتجاهات بالتساوى .

وثانياً إذا ما دخلت المذنبات إلى المجموعة حسبما اتفق من الفضاء الخارجى ، فإنه لا بد أن يقبل عدد منها ويدبر فى مسارات على هيئة القطاعات الزائدة تماماً (هيبيربولا) . مثل دبوس الشعر عندما يفتح على مصراعيه — ولم يشاهد قط مذنب ينطلق فى مسار على هيئة القطع الزائد .

ونظراً لذلك فإن الاحتمال الأقرب إلى المنطق هو أن مصدر المذنبات خزان محلى يرتبط بالشمس . ولقد اقترح منذ سنوات مضت أن الخزان المحلى يوجد على هيئة قشرة من الكويكبات الثلجية تقع على بعد يمتد من سنة إلى سنتين ضوئيتين من الشمس فى كافة الاتجاهات .

ومن السهل أن نتبين الطريقة التى وجدت بها القشرة ، فإذا ما كانت المجموعة الشمسية قد بدأت كسحابة عظمى من الغبار والغازات التى يبلغ قطرها عدة سنين ضوئية ، ولذلك فهى عندما تحولت إلى دوامة وتقلصت تكونت الكواكب وشمسنا الحالية . ولكن ، على أية حال ، كانت الكثافة أقل ما يمكن فى المشارف الخارجية للسحابة الأصلية فلم تسمح بتكوين الكواكب ، وبدلا منها ظهرت مراكز تركيز محلية عديدة . ولما ظلت درجة الحرارة قرب الصفر المطلق خلال

بلايين السنين فى تلك المنطقة السحيقة ظلت الثلوج التى تكون معظمها من مادة السحابة الأولى على ما هى عليه ولو تحت تأثير جاذبية الكويكبات الصغيرة (سببت الحرارة الأعلى بالقرب من الشمس أن تفقد الأجرام الكبيرة حتى التى فى مثل حجم الأرض كثيراً من ثلوجها) .

ويقدر بالحساب بأن هذه القشرة من « كويكبات المذنبات» تحتوى على ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مذنب ، وتقدر كتلتها كلها بنحو $\frac{١}{١٠٠}$ أو حتى من المحتمل $\frac{١}{١٠}$ من كتلة الأرض . وعلى ذلك فإن كويكب المذنبات الواحد تبلغ كتلته فى المتوسط ٦٠٠,٠٠٠,٠٠٠ إلى ٦٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ طن . وإذا ما افترضنا أن كثافة مثل هذا الكويكب تساوى كثافة الثلج فإن متوسط قطره سوف يبلغ تقريباً نحو ميل كامل .

وأنت قد يتبادر إلى ذهنك أن قشرة قوامها مائة بليون كويكب يجب بطريقة ما أن تظهر للراصدين من الأرض . ولكن على أية حال ، اعتبر أن قشرة الفضاء التى تغلف الشمس على بعد سنة إلى سنتين ضوئيتين يبلغ حجمها ثلاثين سنة ضوئية مكعبة . وهذا القدر هائل جداً . فإذا ما وزعت المائة بليون كويكب بالتساوى على هذا الحجم ، يبلغ متوسط المسافة التى تفصل بين كل اثنين منها نحو ١$\frac{١}{٤}$ بليون ميل ، وهى تقريباً المسافة بيننا وبين أورانوس .

وبالطبع نجد أن حجم الفضاء الذى يحتوى على امتداد ميل واحد من كتل الثلج لكل بليون ميل أو ما يقارب ذلك لا يمكن أن يحدث أثراً بحال من الأحوال على بعد يساوى سنة ضوئية أو أكثر . ولن تعلن

كويكبات المذنبات عن نفسها لا عن طريق الإضاءة ولا بالحيلولة دون نفاذ أضواء النجوم .

تصور واحدة من كويكبات المذنبات فى مكان ما وسط القشرة ، ولتكن على بعد ١½ سنة ضوئية من الشمس . فسوف تبدو الشمس من على ذلك البعد كأنها مجرد نجم من النجوم رغم بقائها أكثر نجوم السماء لمعاناً بقدر يساوى – ٢ ، ولكن الكويكب سوف يظل تحت تأثير الشمس (إذ لا يوجد نجم آخر أقرب منها) ، إلا أن هذا التأثير سوف يكون ضعيفاً .

وسوف يتحرك كويكب المذنبات الذى على بعد١½ سنة ضوئية من الشمس ، والذى يسبح فى مدار دائرى من حولها . تحت تأثير قوى الجاذبية الضعيفة بسرعة تكاد لا تزيد على ٣ أميال فى الدقيقة . وقد تبدو هذه السرعة كبيرة بالنسبة إلى سائق السيارة ، ولكن الأرض تنساب فى مسارها بمعدل قدره ١١٠٠ ميل فى الدقيقة . وحتى على بعد كبير لا يتحرك بلوتو قط بمعدله أقل من ١٥٠ فى الدقيقة .

وعندما يتحرك كويكب المذنبات العادى بمعدل تحركه البطىء هذا يستغرق زهاء ٣٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة ليتم دورته من حول الشمس . وفى عالم المجموعة الشمسية بأسرها لم تجد كويكبات المذنبات هذه فى المتوسط الوقت الكافى لتكمل ٢٠٠ لفة أو دورة من حول الشمس منذ نشأتها الأولى إلى الآن .

ولكن إذا كانت كويكبات المذنبات تدور حول الشمس فى طريقها

الهادئ هناك ، فلماذا لا تستمر تسبح هنالك إلى الأبد ؟ وما الذى يرسلها إلى أسفل نحو الشمس ؟ يلوح أن الإجابة الوحيدة المحتملة تتضمن تدخل مجالات جذب النجوم القريبة . ومع كل فإن قوى جذب رجل قنطورس (الفاستناورى) التى تؤثر على كويكبات المذنبات هذه والتى تتم مباشرة بين ذلك النجم والشمس هى ١٠ فى المائة من قوى جذب الشمس ، وهى كمية لا يمكن تجاهلها . (تذكر أنه قلما تبعد قنطورس عن بعض هذه الكويكبات بمسافة تزيد على بعد الشمس عنها) . وهناك كذلك بعض النجوم القليلة الأخرى تؤثر بقوى جاذبيتها على الكويكبات الأقرب إليها إلى حد يصل نحو ١ فى المائة من قوى جذب الشمس .

والآن إذا ما وقع كويكب معين فى قبضة قوى جذب النجوم هذه ، بحيث عملت على التقليل من سرعته المدارية : فإنه من اللازم أن يتساقط ويهوى نحو الشمس ، وعند ذلك يصبح مساره الدائرى على هيئة القطع الناقص (إهليلج) . وعندما تقل السرعة المدارية بقدر كاف لا يكون هنالك مفر من تساقطه نحو الشمس بحدة بحيث يدخل تماماً داخل المجموعة الشمسية . وسوف يكتسب سرعة خلال ذلك ويروح مسرعاً ليدور من حول الشمس ثم يغدو مرتفعاً إلى النقطة التى حدث عندها الاضطراب : ومن بعد ذلك يعاود الكرة إلى أسفل ، ثم يندفع إلى أعلى من جديد : وهكذا . . وعندما يدنو قريباً جداً من الشمس يكون لنفسه ذيلا هائلا ورأساً من الثلوج المتبخرة ، وبذلك يصير مرئياً لمن يراقبه من على الأرض .

ولو لم يكن موجوداً غير المذنب والشمس لظل هذا المدار الجديد

الذى على هيئة القطع الناقص إلى حد كبير باقيًا إلى الأبد (وحائلا دون تدخل اضطرابات إضافية من النجوم) .

والمذنب الذى يسبح له مثل هذا المسار تكون السنة بالنسبة إليه أقل بكثير من السنة التى كان يستغرقها فى مساره عندما كان ضمن قشرته، ولكن تظل سنته طويلة إذا ما استخدمنا المعدلات الأرضية — نحو ١٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة أو ما على شاكلة ذلك .

وبالنسبة للإنسان سوف لا تأتيه مثل هذه المذنبات ذات الفترات الطويلة إلا مرة واحدة . فأى مذنب من هذاالقبيل ظهر خلال العصور التاريخية لم يشاهده الناس خلال زيارته السابقة لأنهم لم يكونوا قد وجدوا بعد . وزيادة على ذلك فإن هناك احتمالا كبيراً يدعو إلى القلق بأن الإنسان لن يكون على ظهر الأرض ليشاهد الزيارة المقبلة .

وبالطبع بمجرد أن يدخل المذنب المجموعة الشمسية تمامًا توجد دائماً فرصة اقترابه جدًّا من أحد الكواكب فيتأثر بذلك مساره . وفى بعض الحالات تزداد سرعته بحيث ينحرف مساره قليلا ليصير على هيئة القطع الزائد ، وعند ذلك قد يغادر المجموعة الشمسية منطلقًا بعيداً عنها إلى الأبد . وفى بعض الحالات الأخرى تقع سرعته ولا تصبح عنده طاقة الحركة الكافية لإرساله إلى قشرة المذنبات . وفى الغالب لا يبتعد مثل هذا المذنب عن مجاورة الاضطراب الذى يحدثه الكوكب ، بحيث إنه يصبح من حيث التأثير العام كأنما قد وقع فى قبضة ذلك الكوكب .

ولكل الكواكب الخارجية « عائلات » من المذنبات ، وللمشترى

بطبيعة الحال أكبر عدد منها . ولعل أوضح مذنب وأشهر ما فى عائلة المشترى هو مذنب انكى ، وقد سبق أن حسب مساره عام ١٨١٨ بوساطة الفلكى الألمانى جوهان فرانز أنكى بعد أن تم الكشف عنه بوساطة الفلكى الفرنسي جينس لويس بونس .

وفترة دوران مذنب أنكى هى أقصر فترة معروفة . إذ تبلغ ٣,٣ سنة . وهو لا يبتعد قط عن الشمس بمسافة أكبر من ٤٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل . ومعنى ذلك أنه عندما يكون على أبعد مسافاته منها فإنه لا يبعد عنها بأكثر من بعد المشترى عنها (أى عن الشمس) وهو يدنو من مسار عطارد ويقترب فى الحضيض . ولقد استخدمت الاضطرابات التى يحدثها عليه عطارد فى حساب كتلة ذلك الكوكب الصغير .

وكما قد تتوقع . نجد أن مذنب انكى مظلماً ولا يستحق المشاهدة ، ولا يكون له ذيل قط . فلقد اقترب من الشمس مراراً وتكراراً . ولم يحدث له شيء . ولقد ذهبت أغلب ثلوجه دون شك ، ولابد أنه يتكون الآن غالبًا من ترسبات السلكات المتراكمة بعضها فوق بعض . ويختلط بها جانب مما تبقى من الجليد الأصلى .

وبطبيعة الحال تناقصت قشرة المذنبات تحت تأثير هذه الاضطرابات فكل كويكب من المذنبات تباطأ وأرسل إلى أسفل حيث المجموعة الشمسية تمامًا حكم عليه بالإعدام . وبالإضافة إلى ذلك فإن بعض كويكبات المذنبات تزداد سرعاتها بالاضطرابات النجمية . وقد تجبر على أن تتخذ لها مسارات على هيئة القطاعات الزائدة فتبتعد عن الشمس نهائيًا .

ومن ناحية أخرى لا تضاف إلى قشرة المذنبات كويكبات مذنبات جديدة على قدر معرفتنا ، ولهذا فإن العدد فى تناقص مستمر .

وعلى أية حال فإنه لا داعى لانشغالنا بهذا الأمر ، فقد قدر أنه ربما تدخل المجموعة الشمسية ثلاثة مذنبات جديدة كل عام . ونستطيع أن نفترض كذلك أن ثلاثة أخرى تزداد سرعاتها فى المتوسط لتصير مساراتها قطاعات زائدة وتفقد كل سنة . وبهذا المعدل تكون جملة ما فقد أو دمر من كويكبات المذنبات خلال الخمسة البلايين سنة كلها هى ٣٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مذنب وهذا يقدر بنحو ٣٠ فى المائة فقط من العدد الكلى الذى لا يزال باقياً .

وعلى الرغم من معدل موت المذنبات فإن مذنباتنا سوف تبقى معنا بأعدادها المعتادة لبلايين السنين المقبلة .

ولكى نعود إلى الملاحظات التى عملتها فى مقدمة هذا المقال نجد أن كويكبات المذنبات هذه هى التى ربما تمثل الصخور الصاعدة إلى النجوم .

ونحن حتى إذا ما أدركنا ولو بلوتو لن يكون أملا ضائعاً أن نصل إلى واحد من كويكبات المذنبات القريبة منا ، وهو من بين التى قلت سرعتها نسبياً بحيث أصبحت تقترب من مشارف المجموعة الشمسية الحقيقية . وبكل تأكيد لن يتطلب الوصول إلى أحد الكويكبات طاقة أو جهداً أكثر من الجهد الذى سيبذل فى الوصول إلى قنطورس دفعة واحدة .

وإذا ما أمكن تشييد قاعدة على مثل تجمعات هذه الثلوج التى يبلغ

اتساعها ميلا ، ربما استطعنا أن نستمر فى سيرنا إلى الفضاء الخارجى متنقلين من كويكب إلى كويكب ، على طريقة الانتقال من جزيرة إلى أخرى . إلى أن نصل إلى مشارف القشرة الخارجية .

والآن هل من الضرورى أن تنتهى احتمالات عمليات الانتقال هكذا من كويكب إلى آخر بعد سنتين ضوئيتين ؟ على أية حال ليس ثمة ما يدعونا إلى الاعتقاد بأن قنطورس ليس له هالة من كويكبات المذنبات التابعة له بالذات . ولماذا لا تكون له واحدة ؟ (رغم أنه قد يكون أكثر تعقيداً ، لأن قنطورس هو فى الواقع ثلاثة نجوم) .

وإذا كان لرجل قنطورس قشرة من كويكبات المذنبات فإنه نظراً لقربه من الشمس نسبياً تكون مشارف هالته الخارجية قريبة من حواف هالة الشمس الخارجية .

ومن الجائز إذاً أن نروح متنقلين كما ننتقل من جزيرة إلى أخرى على طول الطريق . وربما لا يحتاج الأمر إلى اضطراب الرحلة خلال مسافة أقل من بضعة بلايين الأميال ، وهكذا ربما نستطيع أن نصل إلى أقرب النجوم ، على الأقل على النحو الذى يدرج به متسلق الجبل طريقه إلى قمة عالية ، بأن يعمد إلى إنشاء سلسلة من القواعد المتوسطة على طول الطريق .

وإنى بكل إخلاص لا أستطيع أن أقول بأن هذا يكمل الرحلة إلى النجوم التى تظهر كأنما هى تدعونا إليها بالفعل . ولكن إذا كان علينا أن نرحل إليها ، فبكل تأكيد سوف يكون من الأسهل أن نفعل ذلك على خطوات .

٩ – كوكب الشمس المزدوجة

يوحى هذا العنوان كأنما هذا الموضوع سوف يكون من قصص الخيال العلمى القديمة . أليس كذلك ؟

ومع هذا فعلى الرغم من أن العنوان يبدو من النوع القديم فإن الوضع لا يلزم أن يكون كذلك ، فمن بين أعظم الأوضاع فتنة وسحراً مما يمكن أن يجول بخاطرنا ، ذلك الوضع الذى فيه توجد أكثر من شمس واحدة فى السماء .

ومؤلف القصة التى تصف مثل ذلك الوضع لا يحتاج (وعادة لايعمد إلى) شغل باله بالمادة الفلكية الخاصة بها . فالشموس توصف عادة بأنها الأجرام التى تبدو على غرار الشمس وكلها (أو جميعها) جعلت لتتحرك مستقلة بعضها عن بعض فى السماء .

وعادة يعمد المؤلف إلى صبغ قصته بلون معين بأن يقول إن شمساً منهما كانت تشرق بينما الثانية كانت قد عبرت سمت الرأس منذ برهة . وقد يزيد من ألوان القصة (بالأشكال والكلام) بأن يجعل شمساً منهما حمراء مثلا ، والأخرى زرقاء . وعند ذلك يستطيع الحديث عن النجوم المزدوجة وأشكالها المختلفة وألوانها وتوافيقها .

والقليل من ذلك يكفى ليجعلنا نتنهد على سوء حظنا لأن لنا شمساً واحدة فى السماء ، وهى عديمة الألوان . أواه على ما نفتقده من بدائع .

كيف تبدو الدنيا لو أنه كان لنا أكثر من شمس فى السماء ؟ وهناك بالطبع أنواع عديدة من النجوم المتعددة ، فبعضها يتكون من مركبتين ، وبعضها يتكون من أكثر من مركبتين . وفى بعض النجوم المتعددة تكون المركبات بجوار بعضها البعض ، بينما فى البعض الآخر تكون المركبات متباعدة ، أى تفصل بينها مسافات كبيرة . كما أن المركبات قد تكون متشابهة أو غير متشابهة ، فإحداها قد تكون عملاقاً أحمر اللون ، أو قد تكون قزماً قصير القامة أبيض اللون .

ولكن دعنا لا نكون من الشموس أية مجموعات خيالية ، أو نبحث عن شيء دخيل أو غريب . فحقيقة الموضوع أن لدينا مثالا فى حوشنا الخلفى . فها هو ذا أقرب نجم إلينا فى الفضاء ، وهو نجم يبلغ من القرب منا الدرجة التى نكاد معها أن نصل إليه ونلمسه . فهو جارنا الأول الذى لا يبعد عنا بمسافة تزيد على ٢٥,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل . نعم إن رجل قنطورس الطيب نجم متعدد الشموس .

لنفرض أننا كنا على كوكب فى مجموعة رجل قنطورس، فكيف تكون الدنيا ؟

وقبل كل شيء كيف تبدو رجل قنطورس ؟

أولا نجد أن رجل قنطورس نجم فى النصف الجنوبى من القبة السماوية . وهو لا يرى قط فى السماء شمالى نحو خط عرض ٣٠ درجة شمالا . وغالباً إنك لم تره قط ، فأنا لم يقع بصرى عليه . وزيادة على ذلك فإن قدماء الإغريق لم يروه بتاتاً .

ولقد كانت مراصد العرب فى العصور الوسطى فى قرطبة وبغداد ودمشق كلها تقع شمال خط عرض ٣٠ درجة شمالا . ولكن من الجائز أن العرب العاديين فى صحراء العرب والصحراء الكبرى رأوا مراراً وتكراراً نجماً لامعاً أقرب ما يكون إلى الأفق الجنوبى ، إلا أنه يلوح أن ذلك النجم لم يصل إلى مستوى اهتمامهم .

وللتأكد من ذلك نقول إن رجل قنطورس ، رغم كونه ثالث أكثر النجوم لمعاناً فى السماء . ليس له اسم يحدده بالذات لدى كل من الإغريق والعرب (أما اسم الفاستناورى أو رجل قنطورس فهو اسم فلكى علمى) .

وبالطبع بمجرد أن بدأ الأوروبيون التقدم على شواطئ أفريقيا فى أواخر القرن الخامس عشر لا بد أنهم رأوا النجم اللامع فى الحال . وراح الفلكيون بعد ذلك يرسمون خرائط النجوم لتلك الأرجاء من القبة السماوية الجنوبية التى لا ترى من أوروبا . (كان أولهم أدموند هالى الذى اشتهر بمذنب هالى ، والذى سافر فى عام ١٦٧٦ وعمره عشرون عاماً إلى سانت هيلانا ، التى اقترن اسمها بعد ذلك بنابليون ، ليرسم خريطة للسماء (الجنوبية) ، ولقد قسم الفلكيون نصف القبة السماوية الجنوبية إلى مجموعات من النجوم (كوكبات) وذلك ليكملوا النظام الذى كان قد بدئ به فى تلك الأرجاء من السموات التى استطاع الأقدمون رصدها .

وأطلقوا على مجموعات النجوم أسماء لاتينية بطبيعة الحال ، وضمنوها كائنات خيالية تقليدية لتتمشى مع ما كان موجوداً بالفعل فى السماء

(تماماً كما أطلق على الكواكب التى تم اكتشافها حديثاً أسماء خيالية تتمشى مع الأسماء القديمة) ، فأطلق على إحدى الكوكبات الجنوبية المشهورة اسم (السنتاور) أو قنطورس ، وهو باللاتينية (سنتاوراس) وحالة المجرور من (السنتاور) هى (سنتاورى) .

ويشتمل قنطورس على نجمين من القدر الأول أطلق على اللامع منهما اسم (الفاسنتاورى) وعلى الثانى اسم (بيتا سنتاورى) وهما حضار والوزن . وليس اللفظان (ألفا) و (بيتا) هما الحرفين الأولين من الحروف الأبجدية الإغريقية ، ولكن استخدمهما الإغريق ليمثلا العددين « واحد » و « اثنين » ، ولم يخرج العلماء على هذه العادة قط . ومعنى ذلك أننا عندما نترجم اسمى النجمين من غير التقيد بشىء يكون اسم النجم الأول « النجم رقم واحد من قنطورس » واسم النجم الثانى « النجم رقم اثنين من قنطورس » على التوالى .

ومقدار رجل قنطورس (الفاسنتاورى) هو ٠٫٠٦ مما يجعله كما قلت ثالث نجم لامع فى السماء. والنجمان الأكثر لمعاناً هما سهيل (— ٠٫٨٦) ، وبطبيعة الحال الشعرى اليمانية (— ١٫٥٨) .

وكلما قل القدر ازداد النجم بريقاً ولمعاناً بنسبة لوغاريتمية . ويعنى فرق القدر الذى يساوى الوحدة فرقاً فى البريق واللمعان يساوى ٢٫٥١٢ ضعف ، كما يعنى فرق القدر الذى يساوى الوحدة فرقاً فى البريق واللمعان يساوى ٢٫٥١٢ ضعفاً . هذا ويعنى فرق القدر الذى مقداره وحدتان فرقاً فى البريق واللمعان يساوى ٢٫٥١٢ × ٢٫٥١٢ أو نحو

٦,٣١ أضعاف ، وهكذا ...) .

وحوالى عام ١٦٥٠ صارت المناظير الفلكية من الجودة بحيث استطاع الفلكيون أن يصلوا إلى الحقيقة القائلة بأن بعض النجوم التى كانت تبدو على هيئة نقطة واحدة من الضوء بالنسبة للعين المجردة هى فى الواقع نقطتان من الضوء بجوار بعضهما البعض . وفى عام ١٦٨٥ عندما أخذت إرساليات الجزويت فى أفريقيا بعض الأرصاد الفلكية لاحظت لأول مرة أن رجل قنطورس مثال لهذه النجوم المزدوجة . والمركبة الأكثر بريقاً هى رجل قنطورس أ والثانية رجل قنطورس ب .

وقدر النجم رجل قنطورس أ بمفرده هو ٠,٣ كما أن قدر رجل قنطورس هو ١,٧ ، وبديهى أن فرق القدر ١,٤ يعنى أن رجل قنطورس أ تبلغ درجة لمعانه ٣,٦ مرة قدر درجة لمعان رجل قنطورس ب . وعندما نترجم اللمعان إلى ألفاظ مطلقة ، أى عندما نقارن كلا من المركبتين بشمسنا ، يكون من اللازم أن نعرف بعد رجل قنطورس .

ويمكن قياس البعد عن طريق ملاحظة الإزاحات الصغيرة فى وضع النجم بسبب تغير وضع الأرض أثناء سبحها من حول الشمس . وتسمى هذه الحركة السنوية الدقيقة للنجم الناجمة عن حركة الأرض باسم التغير فى الوضع الظاهرى للنجم ، وهذا التغير يقل كلما ازداد بعد النجم عنا . والنجم البعيد جداً يكاد لا يتغير موضعه الظاهرى على الإطلاق . ولهذا يمكن أن يعتبر كنقطه عديمة الحركة يستعان بها فى قياس التغير الظاهرى فى أوضاع نجم قريب (فمن غير نقطة يرجع إليها

لا يعنى التغير فى الوضع الظاهرى شيئاً) .

وعلى أية حال فإن الفلكيين كانوا يحاولون خلال العديد من القرون مقت أو الاستغناء عن تغيرات الأوضاع الظاهرية للنجوم ولكن من غير جدوى ، رغم أنهم نجحوا أولا فى تغير الوضع الظاهرى للقمر ثم للشمس فالكواكب . والظاهر أنه حتى أقرب النجوم إلينا لها تغيرات تبلغ من الصغر الحد الذى تصعب معه عمليات قياسها .

وثمة ناحية صعوبة أخرى فحواها أنه من غير معرفة تغيرات الأوضاع الظاهرية لم يكن فى الإمكان أن يفرق بين النجم القريب والنجم البعيد ، فكيف السبيل إذاً إلى معرفة النجم اللازم قياسه والنجم الذى يستخدمه كنقطة أصل غير متحركة ؟

وعمد الفلكيون إلى افتراض أنه على وجه العموم ، عندما تتساوى كل الأشياء يكون النجم اللامع أقرب إلى الأرض من النجم الخافت الضوء أو المعتم . وكذلك فإن النجم الذى له حركة فعلية عالية (إزاحة فى الوضع بسبب حركة النجم بالذات عبر الفضاء إزاحة مستمرة — دائماً فى نفس الاتجاه وليست دورية أو إلى الأمام وإلى الخلف ، كما يلزم أن تكون إزاحات التغير فى الأوضاع الظاهرية) كان يفترض أنه أقرب إلى الأرض من النجم الذى له حركة فعلية منخفضة .

وليس من اللازم تطبيق هذه الفروض فى كل حالة ، لأنه من الجائز أن يكون النجم اللامع أبعد من نجم خافت الضوء ، ولكنه فى حد ذاته أكثر لمعاناً بطبيعته . ومرة أخرى فإنه من الجائز أن تكون للنجم

القريب حركة ظاهرية سريعة جداً ، ولكن الحركة التى تكون على إمتداد خط نظرنا لا يمكن أن ندركها ولا ترصد . ومع ذلك فإن هذه الفروض أعطت للفلكيين دليلا يستعملونه على الأقل .

وفى غضون الثلاثينيات من القرن التاسع عشر كان الوقت قد حان لعمل هجوم قوى على هذه المسألة ، فقد عمد ثلاثة فلكيين من ثلاثة أقطار مختلفة إلى معالجة هذه النجوم المتباينة . وهؤلاء الفلكيون هم توماس هندرسون (إنجليزى) الذى رصد رجل قنطورس ، وفردريك ولهلم ستروف (روسى وألمانى المولد الذى اشتغل على النسر الواقع ، رابع نجم لامع فى السماء ، ولم يكن النجمان هما اللامعين فحسب ، بل كانت لهما كذلك حركة فعلية سريعة ورائعة ، ثم فردريك ولهلم بسل (ألمانى) الذى استخدم مجهوداته فى دراسة الردف ، وهو نجم معتم ولكن له حركة فعلية عالية غير عادية .

وفى كل حالة كان موضع النجم خلال عام كامل على الأقل يقارن مع موضع نجم مجاور مظلم ولكنه فى الغالب يوجد على بعد كبير جداً . وصار من المؤكد بعد دراسة كل نجم أنه يغير موضعه قليلا بالمقارنة مع جاره المفروض أنه على بعد شاسع . وهكذا صادف (كما يحدث غالباً فى العلم) أنه بعد قرون عديدة من عدم النجاح وجدت عدة حالات من النجاح تكاد تكون متحدة الزمن .

وكانت أولى النتائج هى التى حصل عليها بسل ، فإليه يرجع فضل أولى قياسات أبعاد النجوم . وقد وجد أن الردف يبعد عنا بمقدار ١١ سنة

ضوئية . وسجل هندرسون بعد ذلك فى عام ١٨٣٩ أن رجل قنطورس تبعد عنا بأكثر قليلا من ٤ سنوات ضوئية . أما ستروف فقد وضع النسر الطائر على بعد منا يساوى نحو ٢٧ سنة ضوئية .

ولم يعثر على نجم أقرب من أعضاء مجموعة قنطورس .

وما إن عرف بعد رجل قنطورس حتى أصبح من السهل حساب أن رجل قنطورس أ (ألمع نجم فيها) له نفس درجة لمعان شمسنا ، لأن الطيف المنبعث منه دل على أن له نفس درجة الحرارة السطحية ، فهو توأم شمسنا ، له نفس القطر ، ونفس الكتلة ، ونفس درجة اللمعان ، ونفس كل شيء كما يبدو .

وإذا ما كانت لرجل قنطورس ب نفس درجة حرارة رجل قنطورس أ فإن معنى ذلك أنه يساويه من حيث الإضاءة المنبعثة من وحدة المساحات ، أما وإن درجة لمعانه هى فقط $\frac{١}{٣،٦}$ من درجة لمعان رفيعة فإن معنى ذلك أن مساحته تعادل $\frac{١}{٣،٦}$ من مساحة رجل قنطورس أ . وتتناسب أقطارهما طردياً مع الجذر التربيعى لمساحتيهما (وبفرض أن النجمين لهما نفس الكثافة) مما يجعل كتلتيهما متناسبتين مع مكعب الجذرين التربيعيين لمساحتيهما .

وعلى ذلك فإن قطر رجل قنطورس ا يعادل ١،٩ مرة قدر قطر رجل قنطورس ب (وفى الواقع نجد أن رجل قنطورس ب أبرد قليلا من رجل قنطورس أ ، ولذلك فإن المقارنة ليست تماماً كما ذكرت ، إلا أنها تفى بأغراض هذا المقال ، ولا داعى للخوض فى التفاصيل) .

ويدور النجمان فى مسارين على هيئة القطع الناقص من حول مركز ثقل مشترك . وفترة الدورة الكاملة نحو ٨٠ سنة . وعندما يصير النجمان أقرب ما يمكن أن تبلغ المسافة بينهما نحو بليون ميل ، وعندما يبلغان أقصى بعد تكون المسافة بينهما ٣,٣ بلايين ميل .

والآن لنفرض أننا نحاول تمثيل (فى الخيال) مجموعة رجل قنطورس هنا فى مجموعتنا الشمسية بالذات . فلما كان النجم رجل قنطورس أ هو توأم شمسنا من كافة الوجوه ، لنفرض أن شمسنا هى رجل قنطورس أ ، ولكن دعنا نوفر الجهد ونطلق عليها اسم الشمس فقط .

ولنتصور أن رجل قنطورس ب (الذى سوف نطلق عليه ببساطة اسم الشمس ب) يدور فى فلك من حول الشمس . ونستطيع أن نتجنب التعقيدات التى لا مبرر لها بأن نجعل له تماماً نصف قطر الشمس ونفس الكثافة ، وبذلك تكون كتلة هذا النجم ثمن كتلة الشمس . وقد لا يكون هذا هو الوضع تماماً بالنسبة إلى رجل قنطورس ب . إلا أن الفرق ليس عظيماً .

ولنفرض كذلك أن الشمس ب تسبح فى مسار دائرى على وجه التقريب فى نفس المستوى الذى تسبح فيه الكواكب عموماً ، وعلى المسافة التى يبعد بها رجل قنطورس ب عن رجل قنطورس أ (هذا مرة أخرى تغيير فى التفاصيل فقط) فسوف يضعها ذلك فى مسار يبعد عن الشمس بمقدار ٢٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل . ويكاد يطابق هذا العمل انتزاع الكوكب أورانوس من مجموعتنا الشمسية ووضع رجل قنطورس ب مكانه .

وكل ذلك سوف يجعل الأرض جزءاً من مجموعة نجم مركب تشبه إلى حد بعيد مجموعة رجل قنطورس . والآن كيف تبدو السماء ؟

سوف تتبدل مجموعتنا الشمسية بعض الشيء فلن توجد الكواكب أورانوس ونبتون وبلوتو كما نعرفها . فمساراتها سوف تتبع الشمس ب . وعلى أية حال فإن هذه الكواكب لم تكن معروفة فى عصر ما قبل المنظار الفلكى المكبر . ولهذا يستقيم الأمر من غيرها من حيث الأرصاد العينية التى لا تستخدم فيها المناظير المكبرة .

ولكن حتى زحل الذى هو أبعد كوكب عرفه الأقدمون سوف يكون أقرب إلى الشمس منه إلى الشمس ب فى وضعها الذى افترضناه . ولما كانت الشمس على رأس تلك الأجرام ولها جاذبية تعادل ثمانية أضعاف جاذبية الشمس ب فإنها سوف تمسك زحل والكواكب الأخرى الأكثر قرباً منه من غير خلل . (وقد توجد بعض الظواهر التى تثير الاهتمام على مسارات الكواكب ، ولكننى لست فلكياً بالقدر الكافى . للأسف ، لأتمكن من حسابها) .

وسوف تبدو الشمس ب كأنما هى « كوكب » جديد كبير جداً يتبع الشمس . وسوف تدور الشمس والشمس ب حول مركز ثقل يقع فى حزام النجيمات . ولم يكن فى الإمكان ملاحظة حركة الشمس من حول هذه النقطة مرة كل ثمانية أعوام قبل استعمال المنظار الفلكى المكبر . لأن الشمس إنما تحمل معها كافة الكواكب ، ومنها الأرض وعلى ذلك فلن يتأثر بعد الشمس ولا بعد الشمس ب عن الأرض بهذه الحركة .

(ولكن بعد اختراع المنظار الفلكي المكبر صارت دورة الشمس ملحوظة خلال انعكاسها فى إزاحة تغير الوضع الظاهرة للنجوم القريبة) .

ولكن كيف يمكن أن تبدو الشمس ب فى سمائنا ؟

حسناً إنها سوف لا تكون على هيئة الشمس . ولكنها سوف تظهر كنقطة من الضوء على غرار الكواكب الأخرى . فالقطر البالغ ٤٣٠,٠٠٠ ميل من فوق بعد ٢٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل إنما يصنع زاوية تساوى نحو ٤٥ ثانية قوسية . وعلى ذلك فإن الشمس ب سوف تظهر للعين المجردة مساوية تماماً للحجم الظاهرى للمشترى الذى هو جرم أصغر ولكن على بعد أقل .

وسوف تكون الشمس ب بالنسبة للراصد بالعين المجردة (مثل الإغريق أو البابليين) نقطة ضوء أخرى تتحرك ببطء بين النجوم على صفحة السماء . وسوف يكون تحركها بسرعة أقل من غيرها . بحيث تتم دورة كاملة حول السماء فى نحو ٨٠ عاماً . بينما يستغرق زحل $٢٩\frac{١}{٢}$ سنة . والمشترى ١٢ سنة . ومن هنا يكون الإغريق – على حق – فى أن يستنتجوا أن الشمس ب تبعد بمسافة أكبر عن الأرض بالنسبة لأى كوكب آخر .

وبالطبع هناك شىء واحد يجعل الشمس ب غير عادية بشكل ظاهر ، كما يجعلها مختلفة تماماً عن الكواكب الأخرى . فهى سوف تكون لامعة جداً ، بحيث يصير قدرها الظاهرى – ١٨ . ولن تقل إضاءتها عن $\frac{١}{٣٠٠٠}$ من إضاءة الشمس على وجه التأكيد ، ولكنها تظل تضىء قدر القمر

الكامل ١٥٠ مرة . فعندما تكون الشمس ب ظاهرة أثناء الليل تكون الأرض كاملة الاستضاءة .

وثمة شيء آخر قد يكون غير عادى بخصوص الشمس ب ، وهو ليس بالأمر الذى لا يمكن تجنبه كما هو الحال مع بريقها ، ولكن على الأقل كأمر محتمل منطقياً .

فهى « ككوكب » فى المجموعة الشمسية لماذا لا تكون لها أقمارها كما هو الحال مع سائر الكواكب الأخرى ؟ (وبالطبع سوف تدور توابعها من حولها كشمس . وبذلك تكون فى حقيقة أمرها كواكب . ولكن دعنا نغض النظر عن التمسك باستعمال لفظ بالذات) .

ومن غير شك سوف تكون الشمس ب أكبر بكثير من الكواكب الأخرى ، ومن الممكن أن يكون لها تابع أكبر جداً ويبعد عنها بمسافة أعظم من أى كوكب آخر .

فمثلا قد يكون لها تابع فى حجم أورانوس . (ولما لا ؟ فإن أورانوس سوف يكون أصغر بكثير عند مقارنته بالشمس ب عن المشترى عندما يقارن بالشمس . وما دامت الشمس تستطيع أن تقطر المشترى وتمسكه بجاذبيتها فإنه من الأحرى أن نسمح للشمس ب بأن يكون لها كوكب فى حجم أورانوس) .

ومن الممكن أن يدور أورانوس فى كنف الشمس ب على بعد ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل منها (ومرة أخرى لماذا لا يكون الأمر كذلك ؟ فها هوذا المشترى رغم كونه أصغر بكثير من الشمس ب . وأقرب إلى حد

بعيد من قبضة جاذبية الشمس يستطيع أن يمسك أقماره على بعد ١٥,٠٠٠,٠٠٠ ميل منه . وما دام المشترى فى مقدوره أن يفعل هذا فإن فى مقدور الشمس ب أن تفعل نفس الشىء على بعد ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل) .

ولو كان أورانوس يسبح حول الشمس ب فى مستوى مدار الأرض فإنه سوف يتحرك أولا نحو جانب معين من الشمس ب ثم يرتد ليتحرك إلى الجانب الآخر . ثم يرتد ليتحرك إلى الجانب الأول . وهكذا إلى ما شاء الله . وسوف تبلغ أقصى مسافة تفصله عن الشمس ب نحو ٣ درجات قوسية . وهذه تقدر بنحو ستة أضعاف القطر الظاهرى للشمس أو القمر . ومثل هذا الانفصال يمكن أن يرى بسهولة بالعين المجردة .

ولكن ألا يكون أورانوس نفسه مرئيًّا من فوق ذلك البعد عنا ؟

حسنًا ، فى هذه اللحظة بالذات ، من غير الشمس ب ، يرى أورانوس وهو على بعد ١٨٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل من الشمس (تقريبًا نفس البعد الذى وضعت عليه الشمس ب فى مخيلتى) وقدره هو ٥،٧ مما يجعلنا نكاد نراه كنجم خافت الضوء جدًّا .

ولكن إذا ما كان أورانوس يدور من حول الشمس ب فهو سوف ينار إلى جانب الضوء المعتم المقبل من الشمس البعيدة (الذى يعيننا على رؤية أورانوس) بالأشعة الأكثر قوة المقبلة من الشمس القريبة إليه جدًّا وهى الشمس ب .

وسوف يكون متوسط قدر أورانوس تحت هذه الظروف هو ١،٧

وهو لن يصبح فى مثل لمعان الكواكب الأخرى ، ولكنه سوف يكون أكثر لمعاناً من نجمه الشمالى مثلا . وربما يجعل وهج الشمس القريبة رؤية أورانوس أكثر صعوبة عن رؤية نجم الشمال ، إلا أنه سوف يظل واضحاً تماماً (وربما يكون للشمس ب أكثر من تابع واحد كذلك ، ولكننا دعنا ننكر هذه الصورة ونكتف بقمر واحد) .

وعلى ذلك فسوف يبهر الإغريق منظر لا يقتصر على نقطة غير عادية وغير متوقعة . ولكن كذلك ظهور نقطة أخرى من الضوء (أكبر فى القطر بكثير) تروح وتجيء كما لو كانت قد أمسكتها النقطة الأكثر لمعاناً .

ومنظر كل من العاملين ، اللمعان ورؤية تابع من التوابع ، هو منظر وحيد وفريد فى بابه تماماً . وإنى لأعتقد أن مثل هذا كان يمكن أن يحدث تغيراً مثيراً فى تفكير الإغريق على مستوى كل من الأساطير والعلم .

وعلم الأساطير يجيء أولا (نظرا لأن أساطير الإغريق أقدم من علمهم) وهو يتضمن « العصر » السندونى لكوكب من الكواكب . وتلك هى فترة تشمل عدة مرات من التلاقى بين كوكب والشمس فى سمائنا . فالمشترى والشمس يتلاقيان مرة كل ٣٩٩ يوماً وزحل والشمس كل ٣٧٨ يوماً وسوف تتقابل الشمس ب والشمس فى سمائنا مرة كل ٣٦٩ يوماً . هذا مجرد قياس للكثرة التى بها تنجح الأرض فى الوصول إلى جانب الشمس الآخر من الكوكب الذى نتحدث عنه) .

وعندما يقترب الكوكب من الشمس يمضى أزمنة أقصر فى سماء الليل وأكثر فى سماء النهار . ويعنى ذلك بالنسبة إلى الكواكب العادية أنه يصبح مرئياً بدرجات متناقصة بالنسبة إلى العين المجردة بسبب فقده فى لمعان الشمس ووهجها أثناء النهار . وحتى القمر يبدو كأنما قد مسح أثناء النهار .

ولكن الشمس ب سوف تختلف عن ذلك ، إذا ما أخذنا فى الاعتبار أن ضياءها قدر ضياء القمر عدة أضعاف المرات ، ولهذا سوف تكون نقطة واضحة بجلاء خلال النهار . وباستخدام النظارات ذات العدسات المسنجة يمكن متابعتها حتى على كثب من الشمس .

والآن كان للإغريق أسطورة خاصة بالطريقة التى تعلم بها البشر استخدام النار .

فى ابتداء الخليقة كان الإنسان عارياً يرتجف من البرد فى بؤس ، ويمثل كائناً من أضعف الحيوانات وأقلهم حيلة ومنحاً من الطبيعة . ولقد أشفق الإله بروميسيوس الذى على هيئة نصف البشر على المخلوق الجديد وسرق ناراً من الشمس ليعطيها للجنس البشرى . ولقد غزا الإنسان الليل بالنار وكذلك الشتاء وأرهب الحيوانات الكاسرة التى تقطع الطريق وتعلم صهر المعادن وأنشأ الحضارة .

ولكن الإله زيوس استشاط غضباً واتقد ناراً لهذا التدخل ، فحمل بروميسيوس إلى آخر العالم (التى اعتبرها الإغريق جبال القوقاز) ثم ربط بالسلاسل فى صخرة . وأرسل إلى هنالك نسر طائر ليمزق كبده كل

يوم ، ولكنه كان يتركه أثناء الليل لكى تعود كبده إلى أصلها سليمة بمعجزة من المعجزات ويكون على أهبة تمزيق فى اليوم الثانى .

فهل لا يطابق كل ذلك الآن تماماً مظاهر الشمس ب ؟ فكل عام تقترف الشمس ب جريمة بروميسيوس . فهى يمكن أن ترى وهى تقترب من الشمس خلال النهار ، ولا يوجد كوكب غيرها يفعل ذلك . وكل خطتها فى ذلك أن تسرق الضياء من الشمس ، وتنجح فى ذلك بكل تأكيد . ومع كل ذلك فليس هذا هوالسبب فى شدة لمعانها بالنسبة إلى الكواكب الأخرى وشدة إضاءتها حتى بالنسبة إلى القمر .

وأكثر من ذلك فهى ترسل الضياء إلى الناس ، لأنه عندما تكون الدنيا ظلاماً تضىء الأرض وتجعل فيها نوعاً معتماً من النهار .

ولكن الكوكب توقع عليه العقوبة ، فيرسل إلى نهاية الكون ، بعيداً عن أى كوكب آخر . وهناك كذلك يمزق بوساطة النسر الطائر الذى على هيئة التابع الذى يرى بوضوح . وعندما يكون الجرم مشغولا بسرقة النار من الشمس لا يرى التابع الذى يتبعه (لأنه يختفى بطبيعة الحال فى ضياء وهج الشمس ولمعانها) . وبمجرد أن يحمل الجرم إلى نهاية العالم ويرى فى سماء الليل ، يظهر تابعه وينقض التابع نحو الكوكب اللامع المضىء ممزقاً إياه ، ثم يرحل ليسمح له بالشفاء ، ثم ينقض عليه من جديد وهكذا إلى مالا نهاية .

وعندما نتصور كل ذلك والشمس ب فى سمائها . فهل نطلق عليها اسم بروميسيوس أم أن التابع يحمل الاسم اللاتينى فلتوريوس ؟

والآن أجد نفسي كذلك متنبه الذهن جداً ، وأعد نفسي للأفكار العجيبة (كما تعلمون جميعاً) ولكني لن أتعجب عندما يقرأ هذا بعض الناس ولا يفكرون فى أن مثله يقارب إلى حد كبير ما يحدث مصادفة . فهل ليس من الممكن أن يكون مثل هذا الوضع السماوى قد وجد بالفعل وأوحي بالأساطير قبل ذلك ؟

وهل من الجائز أن أصل البشر كان على كوكب يدور من حول رجل قنطورس ؟ وهل نزحوا إلى الأرض منذ خمسين ألف سنة مضت وعملوا على انقراض إنسان نياد — ثال البدائى الذى وجدوه هنا وأسسوا جيلا من الرجال الحقيقيين ؟ وهل حدثت كارثة هدمت ثقافتهم وأجبرتهم على بناء حضارة جديدة ؟

وهل قصة أو أسطورة بروميسيوس هى ذكرى معتمة للماضى البعيد عندما أضاء رجل قنطورس ب السموات ؟ وهل كانت مجموعة رجل قنطورس أصل ومنبت قصة اتلانطس ؟

كلا ، لا أعتقد ذلك . ولكن كل من يريد استخدامها فى قصص الخيال العلمى يجد متسعاً أمامه وأهلا به وسهلا . وأى فرد يريد أن يبدأ ثقافة دينية تقوم على أساس هذه الفكرة ربما لا يمكن وقفه عند حده ؛ ولكن الرجاء — لا ترسل إلى أى مادة — ولا تقل — إنك قرأتها هنا أول مرة .

وما مدى أثر الشمس ب (أوبروميسيوس) على العلم لدى الإغريق ؟ حسناً . . . فى الحقيقة كان هناك متسع من الوقت عندما تعلقت

الأمور فى الميزان . فإن النظرية الدارجة للإغريق عن الكون التى نشأت فى غضون عام ٣٠٠ قبل الميلاد وضعت الأرض فى مركز الكون ، وتركت كل ما فى الوجود يدور من حولها . وكان تركيز فلسفة أرسطو على هذه النظرية .

وفى حوالى عام ٢٨٠ قبل الميلاد اقترح ارستارخوس من خوموس أن القمر وحده هو الذى يلف حول الأرض . أما الكواكب بما فيها الشمس ذاتها فهى تدور من حول الشمس . وبذلك أنشأ مجموعة مركزها الشمس . ولقد كانت له كذلك آراء جيدة بخصوص حجوم وأبعاد القمر والشمس .

والفترة من الزمان لاقت آراء ارتسارخوس نجاحًا فى الخارج على الرغم من مكانة أرسطو وشهرته التى طبقت الآفاق . وعلى أية حال فقد اشتغل هيبارخوس من نيسيا على رياضة المجموعة المتحدة المركز فى الأرض بتطويل أنهى المنافسة ووضع لها حدًا . وحول عام ١٥٠ بعد الميلاد وضع كلاوديوس بطليموس الفصول النهائية لنظرية مركزية الأرض . ولم يعد أحد يشك فى أن الأرض هى مركز العالم خلال نحو ١٤٠ سنة تلت .

ولكن لو ظلت بروميسيوس وفليتوريس فى السماء لتوافر لدى الإغريق مثال بجرم سماوى . على أية حال ، لا يلف دون شك مبدئيًا حول الأرض . فإن فلتيوريس كان عليه أن يدور من حول بروميسيوس .

ومن غير شك كان ارستارخوس سوف يقترح أن بروميسيوس هى شمس أخرى ومعها كوكب ملازم لها . ويلوح لى أنه عن طريق التشابه تتضح

الحقائق دون شك ، ويسبق للشعور بما جاء به كيرنيق .

وزيادة على ذلك فقد أعطت حركة كل من فلتيوريس وبروميسيوس دلالة واضحة على وجود الجاذبية . ولقد نادت فكرة أرسطو بأن الجاذبية تقتصر على الأرض فقط ، وأن أجرام السماء محصنة منها .

ومن غير شك كان يمكن أن يتوقع بعض الناس ما عرفه نيوتن قبل زمانه بألفى عام . وماذا كان يحدث عند ذلك ؟ فهل كانت العبقرية الإغريقية تختفى بأية طريقة ؟ وهل كانت العصور المظلمة تظل على ما كانت عليه ؟ أم كانت الدنيا تسبق فى عالم العلم بألفى سنة ؟ وهل كنا الآن مسيطرين على الفضاء ؟ أم كان من الممكن أن نكون قد أشعلنا حرباً نووية فى أيام الرومان ؟

وهكذا الحال . فأنت تبدأ بفحص الظلال الملونة فى قصة علم خيالية ، وتنتهى متعجباً كيف كان يمكن أن يختلف تاريخ البشرية (إما إلى الشر وإما إلى الخير) إذا كان فقط للشمس قرين على هيئة نجم يلازمها فى وحدتها خلال رحلتها عبر اللانهائية .

الجزء الثالث

الكون

١٠ ـ السماء على الأرض

إن أجمل ما فى كتابة هذه الموضوعات التمرين العقلى الثابت الذى تمنحنى إياه . فعلى أن أظل فاتحًا عينى وأذنى لأى شىء يعطى القارئ متعة وحلاوة .

فمثلا وصل إلى خطاب اليوم يسأل عن الحساب الاثنى عشرى ، الذى فيه تقدر الأشياء بمضاعفات الاثنى عشر بدلا من مضاعفات العشرة . وقد أثار فى ذلك سلسلةمن التفاعل الذهنى الذى انتهى بعلم الفلك . وأكثر من هذا أعطانى فكرة هى على قدر معرفتى عمل مبتكر . وهاك ما حدث .

أول ما خطر ببالى أن الحساب الاثنى عشرى كان يستخدم قديمًا ، فمثلا نحن نقول إن اثنى عشر شيئًا تكون (دستة) . كما أن اثنتى عشرة دستة تكون (قاروصة) . وعلى أية حال فعلى قدر معرفتى لم يستخدم العدد ١٢ كأساس لنظام عددى إلا عندما كان يلهو الرياضيون .

ولكن العدد الذى استخدم كأساس للحساب وتقسيم الخانات هو العدد ٦٠ . وقد استعمل البابليون القدماء العدد ١٠ كأساس للحساب تمامًا كما نستعملة نحن ، ولكنهم كثيراً ما عمدوا إلى استعمال العدد ٦٠ كأساس بدلا من ١٠ .

وعندما يعتمد العدد على ٦٠ يتضمن ما نسميه خانة الآحاد ،

وهى تشتمل على أى رقم من ١ إلى ٥٩ ، بينما يكون ما نطلق عليه اسم خانة العشرات هى خانة « الستينات» ، وخانة المئات عندنا (عشرة فى عشرة) تكون الستة وثلاثون مائة » (ستين فى ستين) .

وعلى ذلك فعندما نكتب عدداً مثل ١٢٣ نجده يمثل فى الحقيقة (١ × ١٠^{٢})+(٢ × ١٠^{١}) + (٣ × ١٠^{٠}) ولما كانت ١٠^{٢} = ١٠٠، ١٠^{١} = ١٠ بينما ١٠^{٠} = ١ يكون المجموع هو ١٠٠ + ٢٠+٣ أو كما قلنا ١٢٣ .

ولكن إذا ما عمد البابليون إلى كتابة ما يقابل ١٢٣ باستخدام ٦٠ كقاعدة فإنه يعنى (١ × ٦٠^{٢}) + (٢ × ٦٠^{١}) + (٣ + ٦٠^{٠}) . ولما كانت ٦٠^{٢} تساوى ٣٦٠٠ ، ٦٠^{١} تساوى ٦٠ ؛ بينما ٦٠^{٠} تساوى ١ ، فإن قيمة هذا المقدار هى ٣٦٠٠ + ١٢٠ + ٣ أو ٣٧٢٣ تبعاً لتقسيمنا العشرى . أما إذا استخدمنا التقسيم الستينى فهو يتبع (العلامات «السكسجسمال» المشتقة من اللفظ اللاتينى لكلمة « سكستيث Sixtieth») .

وكما يوحى اللفظ « سكستيث» يمكن أن يتم الترقيم « السكسجسمال » على هيئة أجزاء كذلك .

وترقيمنا العشرى يسمح لنا باستخدام عدد مثل ٠,١٥٦ حيث يعنى فى الحقيقة ٠ + $\frac{١}{١٠}$ + $\frac{٥}{١٠٠}$ + $\frac{٦}{١٠٠٠}$. وكما ترى ترتفع قيمة المقام بضربها فى ١٠ كل مرة . أما فى المقياس « السكسجسمال » فإن المقام يضرب فى ٦٠ ، وبذلك تمثل ٠,١٥٦ القيمة ٠ + $\frac{١}{٦٠}$ + $\frac{٥}{٣٦٠٠}$ + $\frac{٦}{٢١٦٠٠٠}$ ، وذلك لأن ٣٦٠٠ تساوى ٦٠ × ٦٠، ٢١٦٠٠٠تساوى ٦٠ × ٦٠ × ٦٠ ؛ وهكذا ...

وأولئك الذين يعرفون الرموز الأسية سوف يعرفون دون شك أن $\frac{١}{١٠}$ يمكن أن تكتب فى صورة $١٠^{-١}$ و $\frac{١}{١٠٠}$ يمكن أن تكتب على هيئة $١٠^{-٢}$ ، وهكذا ... . بينما $\frac{١}{٦٠}$ هى $٦٠^{-١}$ ، $\frac{١}{٣٦٠٠}$ هى $٦٠^{-٢}$ ، وهكذا ... وعلى ذلك فالعدد الكامل عندما يعبر عنه بالرمز الستينى يكون على غرار ما يلى : (١٥) (٤٥) (٢) و (١٧) (٢٥) (٥٩) ، أو $(١٥ \times ٦٠^{٢}) + (٤٥ \times ٦٠^{١}) + (٢ \times ٦٠^{٠}) + (١٧ \times ٦٠^{-١}) + (٢٥ \times ٦٠^{-٢}) + (٥٩ \times ٦٠^{-٣})$. وإذا ما أردت أن تلهو وتستمتع باستخراج ما يساويه هذا المقدار بكسورنا العشرية العادية فالرجاء أن تفعل ذلك ، أما أنا فإنى أخاف ذلك وأخشاه من الآن .

ولكل هذا قيمته العلمية أو النظرية البحتة إذا لم نكن نستخدم فعلا التقسيم الستينى إلى الآن على الأقل فى ناحيتين هامتين ترجع كل منهما إلى عصر الإغريق .

ولقد راق للإغريق أن ينقلوا عن البابليين الرقم ٦٠ كقاعدة وكأساس فى حساباتهم ، وصارت هذه الحسابات معقدة نظراً لأن أعداداً كثيرة كانت تتضمن أجزاء الستين الصحيحة ، بينما تستبعد الكسور قدر الإمكان (ومن ذا الذى لا يتجنب الكسور قدر المستطاع ؟)

وتقول إحدى النظريات مثلا إن الإغريق قسموا نصف قطر الدائرة إلى ٦٠ جزءاً متساوياً ، بحيث إنهم عندما كانوا يستخدمون نصف القطر أو ثلثه أو ربعه أو خمسه أو سدسه أو عشره ، (وهلم جرا)

كانوا دائماً يمثلونه بعدد كامل أو جزء صحيح من الستين . ولما كانت قيمة ط تساوى عند الأقدمين فى أغلب الأحايين ٣ . ولما كان طول محيط الدائرة يساوى ، ٢ ط مرة قدر نصف القطر . فإنه من الجلى أن طول محيط الدائرة كان يساوى عندهم ستة أمثال نصف القطر أو ٣٦٠ مرة قدر جزء من ستين من نصف القطر . وعلى ذلك (ربما) بدأت هكذا عادة تقسيم الدائرة إلى ٣٦٠ قسماً متساوياً .

ومن الأسباب الجائزة الأخرى التى حدت بالقوم إلى اتخاذ ذلك التقسيم أن الشمس تكمل دورتها خلال فترة تزيد قليلا على ٣٦٥ يوماً. بحيث إنها تسير كل يوم مسافة تقدر بنحو $\frac{١}{٣٦٥}$ من طريقها فى السماء. حسناً ، فلقد ذهب الأقدمون إلى المغالطة فى بعض الأيام هنا وهناك ، وكان العدد ٣٦٠ أسهل بكثير بحيث قسموا دورة السماء إلى هذا القدر ، واعتبروا أن الشمس تنتقل عبر جزء واحد (أو نحو ذلك) كل يوم .

والجزء الواحد من ٣٦٠ جزءاً من الدائرة يسمى « درجة » أو « دجرى » Degree ، وهو لفظ لاتينى يعنى الهبوط .. فإذا ما أبصرت الشمس كأنها تهبط سلماً طويلا دائرياً فإنها تخطو هابطة خلال سلم واحد (عفواً نحو ذلك على التقريب) كل يوم .

وعندما نتمسك بالتقدير الستينى ، نجد أن كل درجة يمكن أن تجزأ إلى ٦٠ قسماً أصغر . وكل جزء من هذه الأقسام الصغرى إلى ٦٠ قسماً أصغر وأصغر وهكذا . ولقد أطلق على الجزء الأول باللاتينية

* النسبة التقريبية المعروفة فى حساب الدوائر . (المترجم)

اسم (بارز منيوتا بريما) Pars minuta prima أو (أول جزء صغير) كما سمى القسم الثانى (بارز منيوتا سكندا) Pars minuta secunda أو (ثانى جزء صغير) ، ولقد اختصرت بالإنجليزية إلى (منتس) Minutes او دقائق و (سكندس) Seconds أو ثوان على التوالى .

ونحن نرمز للدرجة بدائرة صغيرة (بطبيعة الحال) وللدقيقة بشرطة صغيرة واحدة ، أما الثانية فنرمز لها بشرطتين . وعلى ذلك فإننا عندما نقول بأن خط عرض مكان معين على الأرض هو ٤٢″ ١٧′ ٣٩° نعنى أن بعده عن خط الاستواء هو ٣٩ درجة زائداً $\frac{١٧}{٦٠}$ من الدرجة زائداً $\frac{٤٢}{٣٦٠٠}$ من الدرجة ، أفليس هذا هو نظام التقسيم الستينى ؟

والمكان الثانى الذى ما زلنا نستخدم فيه التقسيم الستينى هو قياس الزمن (الذى كان يبنى أصلا على حركة أجرام السماء) . وعلى ذلك فنحن نقسم الساعة إلى دقائق وثوان ، وعندما نتحدث عن فترة قوامها ساعة واحدة و ٤٤ دقيقة و ٢٠ ثانية ، إنما نعنى فترة قوامها ساعة زائداً $\frac{٤٤}{٦٠}$ من الساعة بالإضافة إلى $\frac{٢٠}{٣٦٠٠}$ من الساعة .

وفى مستطاعنا أن نستمر إلى ما بعد الثانية ، وكثيراً ما فعل ذلك فلكيو العرب فى العصور الوسطى . وهناك تسجيل لأحدهم عمد إلى تقسيم جزء ستينى إلى جزء آخر واستمر فى عمليات القسمة إلى عشر خانات ستينية التى تعادل ١٧ خانة من الكسور .

والآن لنأخذ الكسور الستينية على علاتها ، ثم نعمد إلى تقييم تقسيم محيط الدائرة إلى عدد معين من الأجزاء ، وعلى الأخص لنأخذ

فى الاعتبار دائرة الكسوف التى تدور فيها الشمس والقمر والكواكب أثناء سبحها فى السماء .

ومع كل ، كيف نقيس المسافات عبر السماء ؟ إننا لا نستطيع أن نصل إلى منتهى الدقة هناك ؛ وبدلا من ذلك نقوم أساساً برسم خطين وهميين يصلان بين طرفى المسافة من دائرة الكسوف (أو من أى قوس دائرى آخر فى الواقع) إلى مركز الدائرة ، حيث نستطيع أن نتصور موضع العين ، ثم نقيس الزاوية التى يصنعها الخطان .

ومن الصعب أن نشرح قيمة هذا النظام من غير شكل مرسوم ، إلا أننى سوف أحاول عمل ذلك بشجاعتى المعهودة (رغم أننى أرحب بأن تعمد إلى رسم شكل عندما أسير قدماً ، خصوصاً عندما يصير كلامى غامضاً إلى حد يضيع معه الفهم) .

لنفرض أن لديك دائرة قطرها ١١٥ قدماً ؛ ودائرة أخرى مرسومة حول نفس المركز قطرها ٢٣٠ قدماً ، ثم ثالثة لها نفس المركز بقطر قدره ٣٤٥ قدماً (هذه دوائر « متحدة المركز » وتبدو على هيئة الهدف) .

وطول محيط الدائرة الداخلية هو على وجه التقريب ٣٦٠ قدماً ، كما أن طول محيط الدائرة الوسطى هو ٧٢٠ قدماً ، بينما يبلغ طول محيط الدائرة الخارجية ١٠٨٠ قدماً .

والآن علم على جزء قدره $\frac{١}{٣٦٠}$ من محيط الدائرة الداخلية طول قوس قدره قدم واحد ، ثم ارسم خطين من طرفى القوس إلى المركز . فلما كان $\frac{١}{٣٦٠}$ من المحيط هو درجة واحدة ، فإن الزاوية المتكونة عند

المركز يمكن أن تسمى درجة واحدة كذلك (خصوصاً نظراً لأن ٣٦٠ قوساً كهذه تملأ تماماً المحيط . كما أن ٣٦٠ زاوية مركزية كهذه تملأ بالتالى كل ما حول المركز من حيز) .

والآن إذا ماعمدنا إلى مد الزاوية التى قدرها درجة واحدة إلى الخارج بحيث تقطع ذراعاها الدائرتين الخارجيتين ، فإن الذراعين سوف تصنعان قوساً قدره قدمان على محيط الدائرة الوسطى وثلاث أقدام على محيط الدائرة الخارجية . و تتفرق الذراعان بالقدر الذى يكفى تماماً للتمشى مع تمدد المحيط أو اتساعه . ويختلف طول القوس ، إلا أن الجزء أو الكسر الذى يصنع من الدائرة لا يتغير . وعلى ذلك فإن الزاوية التى تساوى درجة واحدة عند مركز الدائرة تصنع قوساً قدره درجة واحدة من محيط أية دائرة ، بصرف النظر عن قطرها . إذا كانت الدائرة تحيط بالبروتون أو بالكون (إذا ما افترضنا أن الهندسة التى نستخدمها هى هندسة إقليدس ، فهذا فرض لا بد منه) . ولا يختلف الوضع عن ذلك لأية زاوية لها أى قدر .

لنفرض أن عينك كانت فى مركز دائرة على محيطها علامتان يفصل بينهما $\frac{1}{6}$ محيط الدائرة . أو $\frac{٣٦٠}{٦}$ ، أو قوس طوله ٦٠ درجة . فإذا ما تصورت خطين مرسومين من العلامتين إلى عينيك ، فإنهما سوف يصنعان زاوية قدرها ٦٠ درجة . وإذا ما نظرت أولا إلى علامة منهما ، ثم إلى الأخرى فإنك تكون قد حرفت عينك بزاوية تساوى ٦٠ درجة .

وهكذا تستطيع أن تتبين أنه ليس بالأمر الهام أن تكون الدائرة على

بعد ميل من عينك أو على بعد تريليون ميل . فإذا ما كانت العلامتان على بعد يساوى سدس المحيط ، تكون المسافة بينهما ٦٠ درجة بصرف النظر عن المسافة . وإذاً فما أجمل استخدام مثل هذا القياس عندما لا تكون لديك أية فكرة عن بعد الدائرة التى تقيس عليها المسافات .

وعلى ذلك لما كان الفلكيون فى أغلب عصور البشرية لا يعرفون بعد أجرام السماء ، لم يكن أمامهم من سبيل سوى قياس الزوايا .

وإذا خيل إليك أن الأمر ليس كذلك فحاول أن تستفيد من قياس الأطوال على خط مستقيم . فعندما يسأل الشخص العادى ليقدر قطر القمر الكامل (البدر) كما يبدو ، يعمد فى الغالب إلى القياس الطولى . ومن الجائز أن يجيب بقوله : « يبدو أنه نحو قدم » .

ولكنه بمجرد أن يستخدم القياس الطولى فإنه يكون قد عين مسافة بالذات ، بصرف النظر عن كونه يعرفها أو لا يعرفها . والجسم الذى عرضه قدم ويبدو فى حجم القمر الكامل يلزم أن يكون على بعد ٣٦ ياردة . وإنى لأشك فى أن أى شخص يحكم بأن اتساع القمر هو قدم يحكم كذلك بأنه لا يبعد عنا إلا بمقدار ٣٦ ياردة .

وإذا ما تمسكنا بقياس الزوايا وقلنا إن متوسط اتساع القمر الكامل هو ٣١ (دقيقة) ، نكون قد تخلصنا من الحكم على البعد ولزمنا جانب السلامة .

ولكننا عندما نصر على استعمال القياس بالزوايا التى لم يتعودها عامة الناس يكون من اللازم أن نعثر على طريقة تجعلها سهلة الإدراك

بالنسبة لكل فرد . وأعم الطرق لعمل ذلك ، ولنصور حجم القمر مثلا ، هو أن نأخذ دائرة مشتركة درجنا جميعاً على معرفتها ونحسب المسافة التى يجب أن تجعل عليها لتبدو فى مثل حجم القمر .

ومن تلك الدوائر قطعة نقود الخمسة والعشرين سنتا * ، فقطرها يبلغ نحو ٠,٩٦ بوصة . ولن يكون الخطأ جسيماً إذا ما اعتبرنا قطرها يساوى بوصة كاملة . وإذا ما حمل الربع على بعد ٩ أقدام من العين فإنه سوف يصنع قوسًا قدره ٣١ دقيقة . ومعنى ذلك أنه سوف يبدو فى مثل حجم القمر الكامل . وإذا ما وضع على تلك المسافة بين العين والقمر الكامل فإنه سوف يغطيه تمامًا .

والآن إذا لم تكن قد فكرت فى ذلك قط فإنك من غير شك سوف تدهش من أن ربعًا على بعد ٩ أقدام (وهى عملة يجب أن تتصور أنها تبدو صغيرة جدًّا) يمكن أن تحول دون رؤية القمر الكامل (الذى ربما تعتقد أنه كبير جدًّا) . وليس فى وسعى أن أقول شيئًا غير : حاول إجراء التجربة .

حسنًا ، إن نفس هذا الأمر يستوى بالنسبة إلى كل من الشمس والقمر ، وهما أكبر ما نرى من أجرام السماء . وفى الحقيقة لا يوجد غيرهما (فيما عدا ما قد يظهر من مذنبات) له قرص مرئى . وتقاس سائر الأجرام الأخرى بأجزاء الدقيقة أو حتى بأجزاء الثانية .

ومن السهل أن نستمر فى مبدأ المقارنة ونقول إن كوكبًا بالذات ،

---

* هى الربع أو (الكوارتر) . (المترجم)

أو نجماً معيناً ، له قطر ظاهرى يعادل ربعاً محمولا على بعد ميل أو عشرة أميال أو مائة ميل، وهذا فى واقع الأمر ما يجرى بصفة عامة . ولكن كيف يكون ذلك ؟ إنك لن تستطيع قط أن ترى ربعاً على مثل تلك الأبعاد ، ولن تستطيع أن تصور حجمه . فكل ما تفعله هو أنك تبدل مقياساً لا يرى بآخر .

ولا بد أن هنالك طريقة أحسن لإنجاز ذلك .

وفى رأيى عند هذا الحد أن لى فكرتى الخاصة (كما أرجو) .

لنفرض أن حجم الأرض كان كما هو ، إلا أنها كانت كرة عظمى مجوفة ملساء شفافة ، ولنفرض أنك كنت ترصد السموات وعينك فى مركزها تماماً وليست على سطحها . عند ذلك سوف ترى مساقط كافة أجرام السماء على كرة الأرض .

ومعنى هذا أنك تستخدم الكرة الأرضية بأكملها كأساس ترسم عليه صورة القبة السماوية .

وقيمة ذلك أن الكرة الأرضية هى الكرة الوحيدة التى يمكن أن نرسم عليها بسهولة قياسات الزوا يا ، نظراً لأننا جميعاً نعرف معنى خطوط الطول والعرض التى هى قياسات زوايا . وعلى سطح الأرض تعادل درجة واحدة مسافة قدرها ٦٩ ميلا (مع تغيرات طفيفة يمكن إهمالها نظراً لأن الأرض ليست تامة الاستدارة) .. وعلى ذلك فإن الدقيقة الواحدة ، التى تساوى $\frac{١}{٦٠}$ من الدرجة ، إنما تعادل ١,١٥ ميلا أو ٦٠٦٠ قدماً . كما تعادل الثانية الواحدة التى تساوى $\frac{١}{٦٠}$ من الدقيقة ١٠١ قدم .

وإذاً فإنك ترى أننا إذا عرفنا قطر الزاوية الظاهرى لجرم سماوى نستطيع أن نعرف أو أن نحدد تماماً ما سيكون عليه قطره إذا ما رسم على سطح الأرض بنفس المقياس .

فالقمر مثلا بمتوسط قطر قدره ٣١ دقيقة بالقياس الذى تستخدم فيه الز وايا يمكن أن يرسم بقطر طوله ٣٦ ميلا إذا ما رسم بنفس المقياس على سطح الأرض . فهو سوف يغطى على وجه التقريب كل نيويورك الكبرى ، أو المسافة بين بوستن وورسستر .

وقد يكون أول شعور لك أن تتعجب قائلا : « ماذا » . إلا أن هذا القدر ليس فى الواقع من الكبر كما يبدو . تذكر أنك فى الحقيقة تراقب هذا النموذج من المقياس من مركز الأرض الذى يبعد بمقدار أربعة آلاف ميل عن السطح . وما عليك إلا أن تسأل نفسك كيف يبدو اتساع نيويورك الكبرى من على بعد ٤٠٠٠ ميل ؟ أو انظر إلى كرة أرضية ، إذا كانت فى حوزتك واحدة منها ، وارسم دائرة يمتد قطرها من بوستن إلى ورسستر فإنك ستجد أنه صغير بحق إذا ما قورن بسطح الأرض كله ، تماماً كما يبدو القمر صغيراً بكل تأكيد إذا ما قورن بسطح السماء كلها . (فى الواقع يلزم حجم ٤٩٠,٠٠٠ جرم فى مثل حجم القمر لتملأ حيز السماء كلها ، و ٤٩٠,٠٠٠ جرم فى مثل حجم القمر الذى رسمناه لتملأ سطح الأرض بأكمله) .

ولكن يرينا ذلك على الأقل أثر التكبير الذى تعطيه الطريقة التى اقترحتها ، وتظهر قيمتها بحق عندما نهتم بدراسة الأجسام التى تبدو

أصغر من الشمس أو القمر ، تماماً عند الحد الذى يجعل فكرة الربح على بعد عدة أميال غير مجدية .

فمثلا اعرض فى الجدول رقم (١) أكبر قيم للزوايا القطرية التى تصنعها الكواكب المختلفة كما ترى حين بلوغها أقل بعد من الأرض ، مع القيمة الطولية لأقطارها بنفس المقياس الذى ترسم به على سطح الأرض .

ولقد حذفت بلوتو نظراً لأن زاويته القطرية غير معروفة تماماً . وعلى أية حال إذا ما فرضنا أن حجم ذلك الكوكب يقارب حجم المريخ فإنه عندما يبلغ أقصى بعد له فى فلكه تكون له زاوية قطرية قدرها ٠,٢ ثانية . ويمكن أن يمثل بدائرة طول قطرها ٢٠ قدماً .

جدول رقم (١) الكواكب حسب المقياس

الكوكب	الزاوية القطرية (بالثوانى)	طول القطر (بالقدم)
عطارد	١٢,٧	١٢٨٠
الزهرة	٦٤,٥	٦٥١٠
المريخ	٢٥,١	٢٥٤٠
المشترى	٥٠,٠	٥٠٥٠
زحل	٢٠,٦	٢٠٨٠
أورانوس	٤,٢	٤٢٥
نبتون	٢,٤	٢٤٠

ويمكن أن ترسم توابع كل كوكب حسب المقياس بكل سهولة . فمثلا تكون توابع المشترى الأربعة الكبرى دوائر تتراوح أقطارها بين

١١٠ و ١٨٥ قدماً على بعدمن المشترى يختلف من ٣ إلى ١٤ ميلا . وكل مجموعة المشترى بأكملها إلى مدار التابع الخارجي (المشترى الحادى عشر ، الذى تمثله دائرة قطرها نحو خمس بوصات) سوف تغطى دائرة قطرها نحو ٣٥٠ ميلا .

والأهمية الحقيقية لمثل هذه الخطوة تتضمن على أية حال . النجوم . فالنجوم كالكواكب ليست لها أقراص مرئية تدركها العين المجردة . ولكنها تختلف عن الكواكب فى أنها لا ترى على هيئة أقراص حتى باستخدام أكبر المناظير المكبرة قوة ، أما الكواكب (فيما عدا بلوتو) فيمكن أن تكبر إلى أقراص باستخدام المناظير متوسطة التكبير ، وذلك بخلاف النجوم .

ولقد أمكن تحديد الزوايا الظاهرية لأقطار بعض النجوم بطرق غير مباشرة . فمثلا أكبر قطر مقدر بالزوايا للنجوم كافة ربما هو قطر منكب الجوزاء الذى يبلغ نحو ٠,٠٤٧ من الثانية . وحتى منظار المائتى بوصة الضخم لا يستطيع أن يكبر هذا القطر أكثر من ألف مرة . وتحت مثل هذا القدر من التكبير يظل أكبر نجم أقل من قوس قدره دقيقة واحدة ظاهرياً ، وعلى ذلك فهو لا يبدو كقرص باستخدام منظار المائتى بوصة أكثر مما يبدو المشترى للعين المجردة . وبطبيعة الحال تبدو أغلب النجوم فى مظهرها أصغر بكثير إذا ما قورنت بالعملاق منكب الجوزاء . (حتى النجوم التى هى فى واقع الأمر أكبر من منكب الجوزاء توجد على أبعاد شاسعة جداً بحيث ترى أصغر منه) .

ولكن على مقياس الأرض يمثل منكب الجوزاء بقطره الظاهرة البالغ ٠,٠٤٧ من ثانيةقوسيه بدائرة قطرها نحو ٤,٧ أقدام (قارن ذلك بالعشرين قدماً التي تمثل حتى بلوتو البعيد) .

ومهما يكن من شيء ، فليست هناك أية جدوي من الحصول على القيم الفعلية مقيسة بالزوايا القطرية ، لأن هذه التقديرات عملت بالنسبة إلى عدد قليل فقط من النجوم . وبدلا من ذلك لنفرض أن النجوم لها نفس لمعان الشمس أو بريقها الذاتى (ليس الأمر كذلك بالطبع ، ولكن الشمس نجم متوسط ، وعلى ذلك فإن هذا الافتراض لن يحدث تغيراً جوهريًّا على مظهر الكون) .

والآن ، عندما تقارن مساحة بأخرى تظل الشمس (أو يظل أى نجم آخر) ذات بريق ثابت بالنسبة للعين بصرف النظر عن المسافة . فإذا ما أزيحت الشمس إلى ضعف بعدها الحالى فإن بريقها الظاهرى سوف يتناقص إلى الربع ، وكذلك سوف تتناقص بنفس القدر المساحة الظاهرية لسطحها . وإذاً يظل بريق ما نستطيع أن نراه من سطحها على حاله ، وغاية ما يحدث هو نقص القدر الكلى ، وهذا هو كل ما هنالك .

والعكس صحيح ، فعطارد عندما يبلغ أقل بعد له عن الشمس لا يرى بريق الشمس أكبر لكل ثانية مربعة عما نراه نحن. ولكنه يرى شمساً لها من الثوانى المربعة عشرة أضعاف ما لشمسنا ، ولهذا السبب فإن بريق شمس عطارد يبلغ عشرة أضعاف بريق شمسنا .

حسنـًا ، إذاً ، فإذا ما كانت النجوم فى مثل بريق الشمس فإن المساحة الظاهرية سوف تتناسب تناسبا طردياً مع البريق الظاهرى . ونحن نعرف قدر الشمس (— ٢٦,٧٢) وكذلك قدر كل نجم . ويعطينا هذا مقياسنا الذى نقارن به درجة اللمعان ، ومنه نستطيع أن نستخلص مقياساً نقارن به المساحات . ومن ثم نقارن به الأقطار . وفوق ذلك لما كنا نعرف القياس الزاوى للشمس فنحن نستطيع أن نستخدم الأقطار المقارنة فى حساب مقاييس زاوية مقارنة . ويمكن بالطبع أن نحولها إلى أقطار طولية (بنفس المقياس) على الأرض .

ولكن بصرف النظر عن التفاصيل (فربما قد فاتك تتبع الفقرة السابقة فعلا) فإننى سأعطيك النتيجة فى الجدول رقم (٢) .

(ترجع حقيقة أن منكب الجوزاء قطره الظاهرى ٠,٠٤٧ ومع ذلك فهو أقل بريقـًا من النسر الطائر ، إلى أن منكب الجوزاء عملاق أحمر ، درجة حرارته أقل من الشمس ، وهو أشد إظلامـًا بالنسبة لوحدة المساحات . تذكر أن الجدول رقم (٢) مبنى على فرض أن النجوم فى مثل درجة لمعان أو بريق الشمس) .

وهكذا ترى ما يحدث بمجرد أن نترك المجموعة الشمسية . فى هذه المجموعة تتوافر لدينا الأجرام التى نستطيع أن نرسمها بالياردة وبالميل باستخدام نفس المقياس .

أما خارج المجموعة فإننا نعالج أجرامـًا لا ترسم بنفس المقياس إلا بالبوصات فقط .

الجدول رقم (٢) النجوم بالمقياس

قدر النجم	القطر الزاوى (بالثوانى)	القطر الطولى (بالبوصة)
الشعرى اليمانية — ١	٠,٠١٤	١٧,٠
رجل الجبار ٠	,٠٠٨٦	١٠,٥
النسر الطائر ١	,٠٠٥٥	٦,٧
النجم القطبي ٢	,٠٠٣٥	٤,٢٥
٣	,٠٠٢٢	٢,٦٧
٤	,٠٠١٤	١,٧٠
٥	,٠٠٠٨٦	١,٠٥
٦	,٠٠٠٥٥	٠,٦٧

وإذا ما تصورت مثل هذه المساحات الصغيرة من سطح الأرض كما ترى من مركزها فأعتقد أنك سوف تحصل على منظر جديد يبين مدى الصغر الذى تبدو عليه النجوم ، ولماذا لا تستطيع المناظير الفلكية المكبرة أن تجعل منها أقراصاً مرئية .

ويبلغ العدد الإجمالى للنجوم التى ترى بالعين المجردة نحو ٦٠٠٠ نجم ثلثاها نجوم معتمة من القدر الخامس أو السادس . وعلى ذلك نستطيع أن نصور الأرض كأنما قد انتشر فوق سطحها ٦٠٠٠ نجم أغلبها طول قطره نحو بوصة واحدة . وقليل منها ما يربو أقطارها على ذلك . ٢٠ فقط ، تصل إلى ٦ بوصات .

وسوف يكون متوسط المسافة بين أى نجمين على سطح الأرض ١٨٠

ميلا . وعلى ذلك فسوف يوجد نجم أو على الأكثر نجمان فى ولاية نيويورك ، ونحو مائة نجم داخل حدود الولايات المتحدة الأمريكية (بما فى ذلك آلاسكا) .

ولعلك تتبين أن السماء غير مزدحمة بصرف النظر عن منظرها الذى تبدو عليه .

وبالطبع هذه هى فقط النجوم المرئية . أما المنظار المكبر فإنه يستطيع أن يظهر أكداساً من النجوم مما لا تقوى العين المجردة على رؤيتها لضعف أنوارها . ويستطيع منظار المائتى بوصة أن يصور نجوماً تبلغ من الإعتام الحد الذى يجعلها من القدر ٢٢ .

وسوف يكون قطر النجم الذى من القدر ٢٢ عندما يرسم بحسب المقياس على سطح الأرض ٠,٠٠٠٤ من البوصة فقط ، أو فى مثل حجم البكتيريا . (ورؤية بكتيريا مضيئة على سطح الأرض من نقطة فى مركزها على بعد ٤٠٠٠ ميل إلى أسفل تدل بكل جلاء ووضوح على مدى قوة المنظار الفلكى الحديث) .

ويبلغ مجموع عدد النجوم التى ترى إلى هذا الحد من القدر نحو بليونين على وجه التقريب . (بالطبع هناك على الأقل مائة بليون نجم فى مجرتنا ، إلا أن أغلبها يقع فى نواة المجرة التى لا نراها على الإطلاق ، إذ تحجبها عنا سحب الغبار الكونى . أما عن البليونين الممكن رؤيتها فهى النجوم المتناثرة فى جوار الأذرع الحلزونية) .

ومعنى ذلك أننا عندما نقدم على رسمها بحسب المقياس على الأرض

سوف نعمد إلى وضع مسحوق مكون من بليونين من النقط بين الستة الآلاف دائرة التي سبق أن رسمناها (والتي يبلغ قطر كل منها في الغالب بوصة واحدة). وهناك من هذه النقط ما يبلغ من الكبر الدرجة التي تجعلنا نميزها . إلا أن أغلبها مجهري * الحجم .

وسوف يظل متوسط البعد بين النجوم ، حتى بعد وضع هذا المسحوق الضخم الجبار ، هو نحو ١٧٠ قدماً على مقياس الأرض .

ويجيب هذا على سؤال ألقيته على نفسي في الماضي : فبمجرد أن ينظر المرء إلى صورة تبين تزاحم النجوم التي يرصدها منظار فلكي كبير ، لا يسعه إلا أن يتساءل : كيف يمكن استمرار الرؤية بعد تلك الأكداس من المساحيق ورصد المجرات الخارجية ؟

حسناً ، فعلى الرغم من الأعداد الضخمة للنجوم، نجد أن الفضاء الصافي بينها لا يزال واسعاً جداً نسبياً . وفي الحقيقة تقدر أن كل ضوء النجوم الذي يصل إلينا يعادل ضوء ١١٠٠ نجم من القدر الأول . ومعنى ذلك أنه إذا ما جمعت كافة النجوم التي يمكن رؤيتها مع بعضها البعض فإنها سوف تملأ دائرة (على مقياس الأرض) قطرها ١٨,٥ قدماً .

ونحن نستطيع أن نستخلص لأنفسنا أن كل النجوم مجتمعة لا تغطي من السماء أكثر مما يغطيه الكوكب بلوتو . وفي الحقيقة يغطي القمر وحده ٣٠٠ ضعف قدر ما تغطيه كافة أجرام الليل من السماء، بما في ذلك

* أي صغير الحجم جدا مما يرى بالمجهر . (المترجم)

الكواكب والأقمار والكويكبات والنجوم مجتمعة .

وليست هناك أية مشقة فى رؤية المسافات خارج مجرتنا إذا لم تكن هناك سحب الغبار الكونى ، فهى العقبة الكأداء الحقيقية ، ولا سبيل إلى تجنبها حتى إذا ما عمدنا إلى تشييد منظار فلكى فى الفضاء .

ويا للأسف لأن الكون لا يمكن حقاً أن يعمل له مسقط مؤقت على سطح الأرض — لمدة تكفى لإرسال أو إطلاق الخادمات السبع لوولرس ومعهن سبع ممسحات للأرض بأوامر مشددة لإزالة الغبار تماماً من الكون .

وكم يكون الفلكيون سعداء عندئذ .

١١ – كوكبنا الوحيد

من الأسئلة العديدة التى تلقى هذه الأيام (ولقد ألقيت السؤال حتى أنا نفسى) : «إذا كانت هناك حياة فى أى مكان آخر من أجزاء الكون فلماذا لم تصل إلينا ؟» .

ولما كانت الآراء الحديثة عن الكون تجعل المجموعات الشمسية هى القاعدة ولست من الأمور الشاذة النادرة ، فكرنا منذ عشرين سنة مضت أن هنالك ملايين ، بل وربما بلايين الكواكب لها صفات طبيعية وكيميائية تقارب صفات الأرض ، وكل ذلك فى مجرتنا وحدها . ولما كانت الآراء الحديثة فى علم الكيمياء الحيوية ترمى إلى جعل أصل الحياة مما تتمخض عنه الطبيعة والكيمياء التى تشابه ما على الأرض بدلا من جعلها معجزة نادرة الحدوث ، فمن اللازم أن توجد ملايين ، وربما بلايين ، مجموعات مستقلة من الحياة فى مجرتنا وحدها .

ولما كان من المحتمل جداً أن تكون أغلب الكواكب الأخرى فى نفس عمر الأرض ، فقد اتسع الوقت للنشوء والتطور فى أمكنة أخرى ، تماماً كما حدث هنا . ولنفرض أن مجموعة واحدة من كل ألف مجموعة من مجموعات الحياة على الكواكب تنشأ عليها أحياء لها من الذكاء ما يكفى للفهم والسيطرة على قوى الطبيعة ، فإذا سوف توجد آلاف ، بل وملايين ، من أنواع الحياة الذكية الفطنة فى مجرتنا بالذات وحدها .

والآن تجدنا نكرر قولنا : « إذا كانت هناك حياة فى أى مكان آخر من الكون ، فلماذا لم تصل إلينا » ؟

حسنًا، اعتقد أنه خلال خط دائرى من الإقناعات المعقولة حصلت على جواب يصلح ويروقنى . ويبدأ خط الإقناع هذا بالإنجيل .

فى سفر التكوين ١٥ : ٥ يعزى أن الله شجع (أو بشر) النبى آبرام * ، الذى كان يخشى ، نظراً لأنه لم يكن له ولد ، أن الوعود الأولى بأنه سوف يكون منه « شعب عظيم »** سوف لا تتحقق . وتقول الآية : عن (الله) « ثم أخرجه إلى خارج وقال انظر إلى السماء وعد النجوم إن استطعت أن تعدها : وقال له هكذا يكون نسلك » .

وهذا نوع من الطريقة المثلى التى كان يعبر بها الأقدمون عن الأعداد الكبيرة . فيقولون مثلاً « كالنجوم فى السماء » أو « كحبات الرمل على الساحل» أو « كنقط ماء المحيط » .

والآن هناك العديد من نقط الماء فى المحيط ، وأكداس حبات الرمل على الشاطئ . وبالنسبة للإنسان القديم كانت هذه الأعداد فى نظره لا نهائية ، أو لا حصر لها . وفيما عدا بعض العباقرة الذين على غرار أرشميدس لم يعتبر أى فرد قبل العصور الحديثة أنه توجد هنالك من الأعداد الكبيرة ما يمكن أن يعبر بها من حبات الرمل ونقط الماء . (اخترعت الكلمة مليون بعد عام ١٣٠٠ ميلادية) . وحتى ذلك الحين كان اللفظ المستخدم للدلالة على العدد الكبير هو (ميرياد) Myriad ،

---

* هو إبراهيم عليه السلام كما سمى فيما بعد . (المترجم)

** يعنى العرب من نسل إسماعيل عليه السلام . (المترجم)

وهو اللفظ الإغريقى للعدد ١٠٠٠٠ ، وحتى أرشميدس عندما عمد إلى حساب عدد حبات (خشخاش أبو النوم) فى الكون بأكمله على حسب علمه استخدم مصطلحات تعنى (ميريادات الميريادات الميريادات ...)

ولكن ماذا عن عدد نجوم السماء ؟ هل هى لا حصر لها كحبات الرمال ونقط الماء ؟

على وجه التأكيد لو أن الله شاء أن يميط اللثام عن كل النجوم التى فى الكون لإبراهيم دفعة واحدة بنظرة معجزة لرأى إبراهيم على الأقل ١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ نجم (أو عشرة بلايين الترليون) . ومن الواضح أنه لا سبيل له إلى إحصاء هذا العدد .

وعلى أية حال فإنه لا يوجد مفسر للإنجيل سمعت عنه أنه يذهب إلى أن هذا ما حدث . ودائماً تؤخذ الأعداد الكبيرة فى سفر التكوين ١٥ : ٥ على أنها تنصب فقط على النجوم التى نراها فعلا بالعين المجردة فى السماء .

وحتى مع هذا التحديد ، تجدنى واثقاً بأن أغلب الناس يعتبرون هذه الاستعارة سليمة وكافية تماماً وليس فيها ما يدعو إلى السخرية .

وأستطيع أن أتبين السبب الذى يحملهم على هذا الرأى كذلك . فأنا نفسى من أبناء المدن ، وقلما رأيت النجوم ، فالمبانى تحجبها ، وأضواء الشوارع والطرق تعتمها ، كما أن الدخان والغبار المثارين يحولان دون ظهورها . ولم أجد ضالتى المنشودة إلا مرة واحدة .

فقد أمضيت تلك الليلة فى بيت ريفى لأحد أصدقائى فى نيوهامبشير ، وعندما أقبل الليل لم أستطع النوم ، فقد بدا لى أن الدنيا قد أظلمت ،

وعادت إلىّ ذكرياتى البدائية الخاصة بالظلام الذى لم أعهده من قبل قط . وفكرت فى الخروج إلى الخارج لأبرهن لنفسى عدم وجود ما أخشاه أو أخاف منه . وكانت ليلة من ليالى الصيف الحارة . ولذلك مشيت إلى الخلاء وأنا ألبس (بيجامتى) و (شبشبى) .

ولم يكن هنالك قمر . وكانت السماء صافية خالية من السحب ، كما لم توجد أضواء صناعية لعدة أميال من حولنا . ولذلك أيت النجوم لأول مرة فى حياتى . الملايين منها والبليونات والتريليونات .

وكان المنظر جميلا رائعاً . فبقيت فى الخارج مدة طويلة ، وسوف أظل أذكر تلك المرة التى رأيت فيها النجوم حتى يوم مماتى .

ولكن السؤال هو : كم نجما رأيت فعلا ؟

إن أقل النجوم إضاءة مما يمكن أن ترى بالعين المجردة تحت أحسن الظروف هى التى من القدر ٦,٥ ؛ ولكن عدد النجوم التى توجد فى كرة السماء كلها والتى تلمع بدرجات متفاوتة تقدر بنحو ٦٠٠٠ نجم .

وهذا كل ما هنالك . وهذه هى الحقيقة المرة ، ستة آلاف .

ونظراً لأنه لا يظهر من السماء كلها فى أية لحظة سوى نصفها فقط فوق الأفق ، فإنه من الوجهة النظرية لا يزيد عدد النجوم التى يمكن أن ترى بالعين المجردة على ٣٠٠٠ . ولكن جو الأرض نفسه يحول دون مرور بعض الضوء خلاله . وحتى أنقى الأجواء وأكثرها صفاء يحجب نحو ٣٠ فى المائة من ضياء النجوم التى تمر خلاله . وعندما تتجه بنظرك إلى الأفق يخترق بصرك طبقة أكثر سمكاً من الجو تزيد على الطبقة

التى يخترقها عند النظر إلى أعلى سمت الرأس ، وتكون النتيجة أن أكثر النجوم خفوتاً وقلة فى الضوء هى التى يمكن أن ترى قرب سمت الرأس تضيع معالمها عندما تقترب من الأفق .

وفى واقع الأمر إذاً فإن المجموع الكلى للنجوم التى أمكن أن أراها خارج منزل صديقى الصيفى (حتى مع حساب تلك التى حجبتها الأشجار وعقبات الأفق) كان ٢٥٠٠ نجم .

فهل نجوم السماء لا تحصى ؟ هاها . حتى رعاة البابليين كان فى مقدورهم عدها إلى ٢٥٠٠ مثلا . وأنا على يقين من ذلك .

ومن الطرق الروائية التى تشير إلى الفرق بين الحقائق كما هى والحقائق كما تتصورها اللغز الآتى (فزورة) : إذا ما أزيل القمر فى أى زمن معين من السماء فكم يكون عدد النجوم (المرئية بطبيعة الحال) التى يحجبها ؟

إذا ما فكر الفرد منا فى حجم القمر وكثافة تجمع النجوم فى سماء الليل، ثم عمد إلى التقدير ، قد يكون الجواب خمسة أو سبعة أو عشرة أو حتى خمسين .

وعلى أية حال فالعدد قليل . وماذا تقول أنت ؟

ولكن دعنا نطرح التخمين جانبًا . فإن دائرة السموات تقاس بالدرجات — ٣٦٠ درجة للمحيط الكامل . ومساحة السماء الكلية (أو أية كرة لهذا الغرض) هى نحو ٤١٢٠٠ درجة مربعة . ولما كان هنالك ٦٠٠٠ نجم مرئى كما قدمنا، فإننا نستطيع أن نقول بأن هنالك نجماً واحداً لكل ٦,٩ درجة مربعة من السماء .

ولكن القطر الظاهرى لكرة القمر هو (فى المتوسط) ٠,٥٢ درجة ، وعلى ذلك فمساحته ٠,٢١ درجة مربعة ، والاحتمال هو ٣٣ إلى ١ بأن إزالة القمر سوف لا تكشف عن نجم واحد خلفه .

ووضع النجوم هذا فى السماء يتغير فى الحال عندما نرصد السموات من القمر . أو من إحدى محطات الفضاء . أو من أى نقطة خارج نطاق أجواء الكواكب . وكتاب الخيال العلمى يتكلمون عادة عن « تجمعات النجوم المعتادة » التى ترى من العوالم الأخرى فى مجموعتنا الشمسية . ومع ذلك فإن هذه الفكرة خاطئة من غير شك . .

والمغزى المراد من أمر « تجمعات النجوم * المعتادة » هو أن أى تغير فى الوضع داخل المجموعة الشمسية . إنما يتضمن إزاحة صغيرة جداً بالنسبة إلى أبعاد النجوم ومواقعها . بحيث لا تحدث تلك الإزاحة تغيراً ظاهراً فى أوضاعها النسبية .

وهذا أمر سليم فى جملته .

وعلى أية حال تذكر مقدار الثلاثين فى المائة من ضوء النجوم الذى يمتصه غلافنا الجوى . وعلى القمر ، كمثال نستخدمه ، لا تمتص أضواء النجوم ، ويبدو كل نجم بمفرده كأنما يلمع ١$\frac{٣}{٧}$ مرة قدر درجة لمعانه بالنسبة لنا على الأرض . وثمة طريقة أخرى للتعبير عن ذلك بقولنا إن كل نجم يقل قدره (أى يزداد بريقه) بمقدار ٠,٤ على القمر بالنسبة إلى ما هو كائن على الأرض .

---

* هى أيضا الكوكبات ، ومنها البروج المعروفة خاصة لدى المنجمين (المترجم).

وهذه زيادة ملحوظة فى درجة اللمعان أو البريق . إلا أنها ليست عظيمة إلى حد كبير ، فسريعًا ما تتعودها العين إذا كان ذلك كل ما هنالك . وسوف تبدو سماء القمر المليئة بالنجوم كثيرة النقوش والزخرفة (بنجومها الأكثر بريقًا والتى لا تتلألأ *) إلا أن ذلك لايكون عجيبًا أو غريبًا .

ولكن ليست هذه هى القصة كلها . فلنسمح بهذه الزيادة المنتظمة التى قدرها ٠٤, لنجد أن حدود رؤية العين المجردة تمتد منخفضة إلى النجوم التى من القدر ٦,٩ . ومعنى ذلك أن النجم الذى قدره ٦,٩ على الأرض (ولذلك لا يرى بالعين المجردة) يصير من القدر ٦,٥ كما يرى من القمر ويصبح مرئيًا ولو بصعوبة .

وإذاً فماذا ؟

الأمر هكذا : يزداد عدد النجوم سريعًا جداً بازدياد القدر . وسوف تقنعك أية نظرة إلى السماء بأن هناك من النجوم المعتمة ما يفوق عدده إلى حد كبير عدد النجوم اللامعة . وعندما نلتزم جانب الصواب نجد أنه من اللازم أن يكون النجم كبيراً أو قريبًا . ولكن أكداس النجوم الصغيرة تفوق إلى حد كبير أعداد النجوم الكبيرة ، ولما كانت الزيادة فى الحجم تتناسب مع مكعب نصف القطر ، فإن الفضاء البعيد فيه متسع أكبر من الفضاء القريب . وبصفة عامة نجد أن عدد النجوم على أى مستوى من مستويات القدر يبلغ ثلاثة أضعاف عددها على المستوى

* يرجع تلألؤ النجوم أيضا إلى تأثير اختلاف الكثافة فى جو الأرض (المترجم) .

الذى يسبقه . وعلى ذلك فهناك نحو ٣٥٠ نجماً من القدر ٣ إلى ٤ ، ونحو ١١٠٠ نجم من القدر ٤ إلى ٥ ، ونحو ٣٢٠٠ نجم من القدر ٥ إلى ٦ .

ويوجد بين القدرين ٦,٥ و ٦,٩ نحو ٦٠٠٠ نجم ، وكلها لا ترى من فوق الأرض . ولكنها ترى من فوق القمر نظراً لأنه ليس له غلاف جوى . وعلى ذلك فإن سماء الليل على القمر يحتوى على ١٢٠٠٠ نجم ، أى ضعف العدد الذى يمكن أن يرصد من فوق الأرض . وفوق ذلك فإن العدد الذى يمكن أن تميزه العين فوق الأفق فى أية لحظة لايقل ولاينقص تحت تأثير عامل الامتصاص الجوى للأشعة . وعلى ذلك فإن العدد الذى يمكن أن نراه بالفعل فى أية لحظة من فوق مستوى سطح القمر يبلغ ٢ ½ مرة قدر العدد الذى يمكن أن نراه تحت نفس الظروف على الأرض .

ولا يزال فى مقدورك أن تعمل أشكالا أو مجموعات من النجوم اللامعة من فوق القمر (أو فى الفضاء عموماً) ، وذلك على غرار المغرفة الكبرى (أو مجموعة الدب الأكبر) أو كوكبة الجبار ، إلا أن التفاصيل الدقيقة سوف تغرقها وتطغى عليها آلاف النجوم الإضافية ، وتتمخض النتيجة العامة عن ظهور سماء غريبة .

وبمعنى آخر أننا عندما ما نترك الأرض إنما نودع « الكوكبات المعتادة أو البروج » العزيزة علينا .

ويثير هذا القول نقطة أخرى : هل هناك أمكنة فى الكون تبدو فيها نجوم السماء أكثر وقعاً على النفوس بالنسبة إلى مظهرها من فوق القمر ؟

من الواضح والجلى يمكن أن تكون النجوم أكثر وقعاً على نفوس السكان الذين يعيشون فوق كوكب يدور من حول شمس كانت جزءاً من نواة المجرة المركزية المكدسة بالنجوم ، أو ضمن مجموعة نجوم متقاربة عديدة . أما شمسنا نحن فتقع على أية حال بعيدة حيث يقل توزيع النجوم فى الذراع الحلزونى للمجرة .

وفى جوار مجموعتنا الشمسية يوجد ١٨٨ نجماً أو مجموعة نجمية (يعنى من النجوم المزدوجة أو المتعددة) ، والمعلوم أنها تقع فى حدود عشرة (بارسكات) من الأرض (البارساك يساوى ٣,٢٦ سنة ضوئية) . ومعنى ذلك أنه يوجد فى المتوسط ٤ ½ نجوم (أو مجموعة نجمية) لكل ١٠٠ (بارسك) مكعب من الفضاء الكونى ، وأن متوسط البعد بين أى نجمين (أو مجموعتين نجميتين) مما نرى هو نحو ٢,٨ (بارسك) ، وهو يعادل نحو ٩,٢ سنة ضوئية .

وفى مركز المجرة حيث تتكدس النجوم (التى تبدو صورتها الفوتوغرافية تحت قوى تكبير هائلة ، لكل العالم على هيئة كومة من مسحوق التلك *) يصل متوسط البعد بين النجوم إلى سنة ضوئية واحدة . وعلى ذلك فإن حجم المائة (بارسك) المكعبة الذى تتكدس فيه النجوم على هذا النحو إنما يحتوى على ٣٥٠٠ نجم بدلا من ٤ ½ .

وبمعنى آخر ، عندما تتساوى كافة الأمور فيما عدا ذلك ، يكون عدد النجوم المرئية فى السموات القريبة من مركز المجرة هو ٧٨٠ ضعف

* هى (بودرة) التلك المعروفة . (المترجم)

ما نراه بعيداً عن المركز هنا . وحتى عندما ندخل تأثير الأفق فى الحساب يكون عدد النجوم المرئية فوق الأفق ٢٠٠٠,٠٠٠ نجم .

وسوف يوجد ، فى المتوسط ، نحو ١٠٠ نجم مرئى لكل درجة مكعبة من السماء ؛ وعلى ذلك فإن كرة فى حجم القمر سوف تحجب ٢٠ نجماً فى المتوسط .

وبطبيعة الحال سوف يتزايد عدد النجوم لكل مستوى من مستويات البريق . وسوف تتضمن السموات فى مركز المجرة عدداً من نجوم القدر الأول (نحو ٧٥٠٠) أكثر مما تحتويه سمواتنا من النجوم التى تصفها بما تشاء .

وأكثر من ذلك يزداد كثيراً احتمال وجود عدد من النجوم التى يزداد بريقها فوق بريق أى نجم فى سمواتنا . ونحن نستطيع أن نكرر الحالات فى مركز المجرة بأن نتصور أن كافة النجوم التى نراها قد اقتربت إلى $\frac{١}{٩,٢}$ بالنسبة إلى مسافاتها الفعلية . وكل نجم يزداد قربه بمقدار ٩,٢ مرة يزداد بريقه بمقدار ٩,٢ × ٩,٢ أو ٨٥ ضعفاً . وتعادل زيادة البريق التى تساوى ٨٥ نقصا فى القدر مقداره ٤,٨ .

ومعنى ذلك أن الشعرى اليمانية مثلا بدلا من أن تكون نجماً من القدر — ١,٦ الذى نسبغه عليها الآن ، سوف تتوهج ببريق يساوى القدر — ٦,٤ ، وعلى هذا فسوف يصل لمعانها إلى ثمانية أضعاف درجة لمعان الزهرة فى أوج بريقها . وهناك عشرة نجوم أخرى فى سمائنا سوف يكون بريقها أعظم من بريق الزهرة تحت هذه الظروف ، كما أن

نحوًا من ٢٥٠ نجمًا سوف تكون فى مجموعها ألمع من الشعرى * اليمانية (ألمع نجم لدينا) كما تبدو لنا الآن .

وضوء النجوم فى مثل هذه السماء لاسبيل إلى إهماله دون شك ، فهو سوف يعادل على وجه التقريب ضوء القمر الكامل كما يرى على الأرض، بحيث إن الليلة الصافية الخالية من السحب لن تكون مظلمة بحال من الأحوال تحت مثل تلك الظروف .

ورغم كل ما قد يظهر من ألوان رائعة فإن النجوم ستظل تبدو على ما هى عليه ، ولا توجد فرصة لظهور نجم على هيئة شمس صغيرة لها كرة مرئية .

وبفرض أن شمسنا نجم متوسط على بعد سنة ضوئية (وهى متوسط المسافة بين نجوم مركز المجرة) يصبح قطرها الظاهرى نحو ٠٫٣ من ثانية قوسية (تحتوى الدقيقة على ٦٠ ثانية كما تحتوى الدرجة على ٦٠ دقيقة). ولكى يرى جرم سماوى على هيئة كرة يلزم أن يكون قطره الظاهرى ٣ دقائق على الأقل . وحتى منظار المائتى بوصة فى بالومار لن يرينا الشمس على هيئة كرة صغيرة إذا كانت على بعد سنة ضوئية .

وبالطبع ما السنة الضوئية سوى متوسط المسافة بين النجوم ، ولذلك فمن الضرورى أن يكون بينها ما هو أقرب إلى بعضه البعض من ذلك . ولكى يرى نجم فى مثل حجم الشمس على هيئة كرة يجب أن يكون على

* يشير القرآن الكريم إلى الشعرى فيقول فى سورة النجم : « وأنه هو رب الشعرى » . (المترجم) .

مسافة لا تزيد على بليون ميل، أو أقل من بعد الكوكب أورانوس عنا . وإنه لمن المحال تماماً أن يوجد نجمان على مثل هذا القرب ما لم يكونا ازدواجا . وهو وضع لم أتعرض له هنا .

ولكن لنفرض أن النجم أكبر من الشمس . حسناً . فلكى يرى نجم ما على هيئة كرة على بعد سنة ضوئية يجب أن يكون قطره ٨٠٠٠ مرة قدر قطر الشمس . وإذا ما وجد مثل هذا النجم فى مكان شمسنا لملأ المجموعة الشمسية كلها إلى ما بعد مسار نبتون . والنجوم التى لها مثل هذا الحجم هى مجرد وهم وخيال ولا تمت للحقيقة بصلة ، وليست هناك أية فرصة للعثور على نجم منها على بعد سنة ضوئية .

والآن ما دخل كل ذلك فى تجاهل عالمنا بالذات بوساطة ما قد يوجد من كائنات مفكرة فى جهات أخرى من مجرتنا ؟ هناك عدة نقط يمكن أن تؤخذ فى الاعتبار :

١ — نحو ٩٠ فى المائة من النجوم . ومن ثم ، بفرض أن التوزيع حسبما اتفق وتحت أى احتمال . نحو ٩٠ فى المائة من الكائنات المفكرة التى نشأت ، توجد فى مركز المجرة المزدحم بالنجوم .

٢ — تقارب النجوم بعضها إلى بعض يجعل السفر بينها أقل مشقة وأقل عناء ، بينما يجوز أن تعمد أغلب « النجوم » المترافقة أو المتلازمة فى السماء إلى جعل أسفار الفضاء فيما بينها غرضاً عادياً وحلماً محققاً .

٣ — إن تبادل الثقافات عامل مساعد يعمل على التقدم .

والآن إذا تساوت لدى كافة الكائنات المفكرة فرصة أن تكون كل

جماعة منها هي الأولى فى النجاح فى أسفار الفضاء ، فإذاً على أساس النقطة الأولى من المحتمل جداً (٩ إلى ١) أن يتم النصر أول الأمر فى مكان ما وسط المجرة .

وبمجرد أن تنجح مجموعة واحدة فى السفر عبر الفضاء فإن الكائنات الأخرى المفكرة التى تصل إليها هذه المجموعة إما أن تمحى من الوجود ، وإما أن تستمر ، أو هى كذلك قد تتعلم الطريقة وتعمل على نشرها بين الجماعات التى قد يمكن الاتصال بها فيما بعد . وعلى ذلك فإن ما أعنيه من النقطة الثالثة هو : على الرغم من أنه يلزم مضى نحو ستة بلايين سنة لنشوء نوع من الحياة فى عالم من العوالم نجد أن نشوء أسفار الفضاء وتطورها سوف لا يستلزم أكثر من ألف سنة فى الغالب لتعممه كافة الكائنات المفكرة التى يتم الاتصال بها .

وبالاختصار إذا ما كانت مجموعة من الكائنات المفكرة قد نجحت فى السفر فعلا عبر الفضاء بطريقة عملية خلال آلاف السنين القليلة الأخيرة ، فإننى لا أجد أية مشقة فى تصور أن التجارة قد نشأت بكل تأكيد على مقياس المجرة ، أو حتى إن نوعاً ما من الاتحاد المجرى قد وجد بالفعل (ومن الجائز أن تكون هنالك بعض الاتحادات الصغيرة المستقلة ، لا يعلم كل منها ماذا يفعل الفريق الآخر المكون من بين تجمعات النجوم المختلفة) .

ولكن لماذا لم يتصل بنا الاتحاد إذاً ؟

الأمر سهل . فقد استخدمت التعبير « الكائنات المفكرة التى يمكن

الاتصال بها » فى سطور قليلة سابقة وفى هذا التعبير سر الإجابة .

لندرس اقتصاديات الموضوع : لما كانت ٩٠ فى المائة من موارد الكائنات المفكرة توجد فى مركز المجرة فما هو الداعى للخروج إلى أذرع* الحلزون ، حيث تبلغ المسافات اللازم قطعها بين النجوم تسعة أضعاف المسافات بين النجوم عند المركز ، بينما الكسب من حيث العوالم والموارد والكائنات المفكرة الراقية هو فقط عشر ما هو كائن هناك ؟

وعندما يكون نوع من خامات الحديد فقيراً جداً فى معدن الحديد يصبح استخدامه غير مجد ولا مربح ، وعندما يكون نوع من الفضاء فارغاً إلى حد كبير من العوالم فهل لا يصبح استغلاله غير مجد ولا مربح كذلك ؟

وإذا كان الأمر كذلك فإننا هنا على كوكبنا الوحيد لا يوجد بالقرب منا ما يحمل كائناً عاقلا على إضاعة الطاقة للحضور إلينا . وإذا كان هذا هو الحال فغالبا ما سنظل كما نحن هكذا ، ما لم نتوصل إلى الطرق التى بها نطوى الفضاء الكونى طيًّا ، ونذهب إلى المدينة الكبيرة التى نطلق عليها اسم مركز المجرة حيث نفرض وجودنا .

من الجائز أن تفعل هذا يوماً ما — إذا كان الأمر كله هكذا .

ولكن هل كلّ شىء كذلك ؟ وعلى الأخص ، هل حقيقى أن الحائل هو المسافة الكبيرة أو بعد الشقة ؟ هل هو أمر طبيعى أن نعتبر سرعة الضوء هى الحد المطلق ، ومن ثم نعتبر أن أسفار

* لاحظ أن المجرة على هيئة عدسة لها مركز وأذرع طويلة منحنية من حولها . (المترجم)

الفضاء بين النجوم تتطلب العديد من السنين ، بل القرون ، بل آلاف السنين . ولا نفكر فى أسفار داخل المجرة على الإطلاق . ومع ذلك فهل من الضرورى أن نفكر فى هذا الأمر ؟

حتى عام ١٨٠٠ لم نكن نعرف أية طريقة أو وسيلة يمكن أن ينطلق بهاالإنسان بسرعة أكبر من السرعة التى تحمله بها الخيل ، أو تدفع الأنواء بها السفن فوق الماء . ولكن هذا لم يحل دون أن يعمد كتاب الخيال العلمى فى تلك الآونة إلى التفكير فى وسائل على غرار الخيول الطائرة ، والبساط الطائر ، والأحذية التى تقطع سبعة فراسخ ، والجن أو العفاريت التى هى طوع البنان . ولم يحدث شىء من ذلك ، فقد كان كله مجرد هراء ، ولكن الآلا ت البخارية ، والسيارات ، والطائرات ، والنفاثات كلها ظهرت ، وفى الحقيقة قد أدت هذه الفرص إلى نجاح أكبر أو كانت مجدية أكثر ، أو هما معاً .

ويحاول كتاب الخيال العلمى فى هذه الآونة أن يصلوا إلى حدود سرعة الضوء بالتفكير فى تدابير وحيل على غرار وسائل الا نتقال عبر الفضاء المبالغ فيها من حيث انعدام قصورها الذاتى وما على غرار ذلك ، وهذا كلام غير مفهوم أيضاً ، وربما غير محتمل كالبساط الطائر ، وعلى أية حال فربما يصل الإنسان إلى ما يعادل سرعة الضوء حقاً فى يوم من الأيام . وعندها تصبح المسافات غير ذات بال ، وتضيع قيمتها كحائل أو عائق فى الأسفار . (يعمد فريق ممن يحبون الدعاية اليوم على سطح الأرض إلى تخفيف الحدة بين الشاطئين الشرقى والغربى ، ونحن

يهمنا إلى حد ما أن يوجد مورد رئيسى لليورانيوم فى الكونجو . فكر فى الوضع المقابل الذى كان يواجهنا منذ خمسين سنة فقط) .

والآن لنفرض أن المسافة لا قيمة لها فى (إمبراطورية) تضم بين أرجائها أجزاء من المجرة . وأن فترة حياتنا القصيرة هنا تقارب ما هو كائن فى أى عالم آخر وسط المجرة . فهل هنالك أى سبب آخر يدعو إلى عدم وصول الحياة فى تلك العوالم الغريبة إلينا ؟

نعم — الفرصة .

إنه لمجرد المصادفة حدث أنهم لم يصلوا إلينا إلى هذه اللحظة .

ولننظر فى هذا الأمر الآن . فهناك السؤال الخاص بالزمن أو العمر . فلما كان الإنسان قد بدأ البحث عن الحفريات وفترة الزمان التى استغرقتها لتبنى سمكاً معيناً من الصخور الرسوبية راح يزيد من عمر الكون على الدوام .

ومنذ عشر سنوات مضت كان عمر الكون المتفق عليه بليونين فقط من السنين ، ثم ظهر خطأ فى بعض الحسابات الخاصة بمتغيرات سيفيد ، وأن بعد المجرات بعضها عن بعض يبلغ ضعف ما كان معتقداً . وبذلك صار عمر الكون أربعة بلايين سنة . وآخر رقم سمعت عنه أن عمر الشمس خمسة بلايين سنة ، وأن عمر الكون لا يقل عن ٢٤ بليون سنة .

وليست هذه هى النهاية ، فنحن ما زلنا لا نعرف إلا النزر اليسير ، وما أوتينا من العلم إلا قليلا .

إلا أننا نعرف بعض الأشياء فعلا . فمثلا بعض النجوم أحدث من غيرها بكثير ، فالنجوم لم تتكون كلها فى وقت واحد .

وثمة أمر هام ، فإن عمالقة النجوم المستعرة (درجات الطيف وثم ب) تطلق طاقات بمعدلات مخيفة إلى الحد الذى قد يحول دون بقائها أكثر من بضعة ملايين من السنين — فترة من النشاط النجمى تسبق مرحلة تحوله إلى قزم أبيض .

وهناك أيضاً أمكنة ينتشر فيها الغبار الكونى بكثافة ،. والمعتقدأن النجوم إنما تنشأ الآن فعلا فى مثل تلك الأرجاء .

وفى واقع الأمر أن يملأ الغبار السماء ، فإن الأذرع اللولبية للمجرات (من بينها مجرتنا بكل تأكيد) مشحونة بالغبار الذى تتولد منه النجوم ، أو الذى تنمو فيه . وكلما ازداد مقدار الغبار الكونى ازدادت حالة عدم الاستقرار . والفضاء المجاور لنا بالذات خلو من الغبار ، وشمسنا نجم متزن له قيمته لا يغير من طباعه وله عمر مديد .

وتقع النجوم التى فى الأذرع اللولبية ضمن « الطائفة ١ »* .

وفى مركز المجرة (سواء مجرتنا هذه أو غيرها من المجرات) ، وحيثما تزدحم النجوم ، يكون الفضاء واضحاً على أية حال . وهنا لا يوجد غبار نتحدث عنه ، والنتيجة أن النجوم الموجودة هناك هى من نجوم « الطائفة ٢ » . وهى نجوم هادئة متقاربة العمر تقريباً ، وتكاد لا تختلف حالات بعضها عن بعض ، فهى لا تعانى تغيرات ظاهرة من حيث النمو

* يقال ذلك « السكان ١ » أو « طائفة السكان ١ » (المترجم) .

أو الانكماش . وعلى العموم يبدو أن نجوم الطائفة ٢ أقدم من نجوم الطائفة ١ — ولكن لايعرف على وجه التحديد هذا الفرق فى العمر، إلا أن السبق بعدة بلايين السنين (فى المتوسط) للطائفة ٢ بالنسبة إلى الطائفة ١ هو أمر محتمل .

ويستطيع الفرد أن يتصور أنه خلال العصور الأولى لتكوين المجرة، نشأت النجوم سريعاً ، وما إن مرت عشرات بلايين السنين فى مراكز المجرات المختلفة (حول نواة رئيسية تكونت فى المركز تماماً ، ثم نشأت من حولها نواة أخرى ثانوية صغيرة وكونت هالة من تجمعات النجوم) ، حتى استنفدت النجوم المتزاحمة المادة الخام (أعنى غبار المجرة) التى تكونت أو بنيت منها بأسرع ما يمكن ، ومن ثم لم يبق هنالك غبار وإنما نجوم فقط . وزيادة على ذلك فإنه إذا كان الغبار الكونى قد وزع بانتظام إلى حد ما ، كنا نتوقع توزيعاً منتظماً إلى حد ما كذلك بالنسبة إلى النجوم التى لها خواص نجمية متشابهة إلى حد كبير .

إلا أنه خلال عملية التكوين كانت المجرات تلف وتدور ، مما جعل بعض الغبار يقذف إلى الخارج تحت تأثير القوى الطاردة المركزية ، فكون الأذرع اللولبية . وعلى وجه العموم كان غبار الأذرع أقل كثافة بالنسبة إلى الغبار الذى وجد فى المركز ، ولهذا تكونت فيها النجوم ببطء أكبر . وفى واقع الأمر لا تزال تجرى فيها عمليات تكوين النجوم . وأكثر من ذلك يقل انتظام توزيع الغبار الكونى بحيث تخص منه بعض النجوم كميات أكبر من المتوسط الذى يبنى منه النجم ، بينما تخص

البعض الآخر كميات أقل. وبصفة عامة ، إذاً ، نجد أن النجوم التى فى الأذرع متفاوتة الأعمار إلى حد كبير ، إلا أنها أصغر من نجوم المركز بدرجات مختلفة .

وعلى ذلك فالآن يتوافر لدينا احتمال افتراض أن إمبراطورية المجرة تكونت منذ بلايين السنين التى مضت من بين أقدم وأقدم المجموعات النجمية التى بالمركز . وإذا ما كان الأمر هكذا. فإن مثل هذه الإمبراطورية التى نشأت قديماً توافرت لها إمكانيات حب الاستطلاع (أهم من كل شىء) ، كما توافر لها الوقت لتكون على بينة من كل كوكب نشأت عليه الحياة فى المجرة ومن بينها كوكبنا . (تماماً كما أن شعوبنا الأكثر تقدماً على بينة من كل بقعة فيها حياة فى المحيط الهادى الجنوبى ، سواء أكان يهمهم هذا الأمر أم لا يهمهم) .

ومثل هذه الحالة تحول دون وجود فرص عدم عثورهم علينا لمجرد المصادفة المطلقة . فأنواع الحياة الغريبة عنا قد اهتدت إلينا .

وهكذا نصل إلى السؤال الأخير : إذا كانوا قد عثروا علينا فلماذا لا نعرف عنهم شيئا .

من الجائز أن نعثر على ظرف مماثل على الأرض يعيننا على الجواب عندما واجه الإنسان البدائى مملكة الحيوان ، عمد إلى قتل كل وحش مفترس أو طير ، ما استطاع إلى ذلك سبيلا ، إما من أجل الغذاء ، وإما للدفاع عن النفس . وعندما اتسعت مداركه وتقدم فى سبيل التحكم فى بيئته ، جعل بعض الحيوانات أليفة له ، ولكنه استخدمها فى العمل أو

للمزيد من إمدادات الطعام التي يمكن الاعتماد عليها ، ولتوسيع آفاقه ، وأبقى بعضها أليفة أو كرفاق له . ولكنه اختار منها فى سبيل ذلك ذوات الأجسام الصغيرة التى أعجب بها فقط .

وفى هذا العصر ، ونحن نزهو بما لنا من قوة وسيطرة وثقتنا الكاملة بأنفسنا كسادة لهذا الكوكب ، نستطيع أن نكون عباقرة تماماً . فنحن ننشئ مناطق حتى للحيوانات الخطيرة . ونعاملها برفق معاملة حسنة . ونحن نجعل مواسم للصيد ونحمى الصغار . ونرفض السماح بالقتل دون حد معين . كما ننشئ أماكن لحفظ الحيوانات حيث لا نسمح بممارسة الصيد على الإطلاق . عندما نجد أن حيواناً ما فى خطر أو فى طريقه إلى الانقراض لا يرضينا الحال . ولا نألو جهداً فى سبيل إنقاذه والإبقاء عليه . (وبالطبع ما زالت أيدينا تعمل ضد الكائنات الحية الدقيقة التى تشكل خطراً علينا . ولا أعتقد أن من بيننا من يرفع إصبعه لمنع إبادة ميكروب الدرن) .

وهذا حقيقى كذلك على المستوى البشرى ، فعندما دخل الأوروبيون لأول مرة قارة أمريكا الشمالية عمدوا إلى إبادة الهنود ما استطاعوا إلى ذلك سبيلا . والآن تعمل سلالة الأوروبيين على الاحتفاظ بما تبقى من سلالة مثل أولئك الهنود ، وتشعر نحوهم بمسئولية أبوية أو وراثية . وبمرور الوقت تنمحى إلى حد كبير محاولات إبادة الشعوب « البدائية » .

وإذاً فبالمثل يستطيع المرء أن يكتشف حداثة عهد الإمبراطورية المجرية ، التى ربما تقاتلت فيها الكائنات المفكرة الراقية المتنافسة أو المتزاحمة

قتالا مريراً ، وسيطر عليها الشر فى غير رحمة ولا رأفة . حتى تعلموا أنه لا مناص من التعاون والتسامح ، أو حتى كسب فريق مفكر منهم سيادة لا نزاع فيها . وخلال تلك الفترة كذلك كان لا مناص من أخذ أى كوكب عليه عالم حياة من كائنات بدائية أو غير ذكية ما دامت فيه فائدة لأنواع الأحياء المتقدمة الذكية ، مع قليل من عدم الثقة على النحو الذى لعبه الأوروبيون نحو (الدكبل) * أو حتى نحو (السكان الأصليين) عندما احتلوا أستراليا .

ولكن بمجرد أن ثبتت الإمبراطورية المجرية أقدامها وظلت باقية عدة بلايين السنين ، ربما حدث تغير فى وجهة النظر نتيجة ضمان الأمن والسلامة والنضج ، وذلك على غرار ما حدث من تغير فى وجهات النظر بين البشر على النحو الذى وصفته .

فمن الجائز أنهم يشعرون بشعور إنسانى عام لحماية أنواع الكائنات الذكية الناشئة فى الأذرع الحلزونية . وربما حتى يشعروا بشعور غريب نحوهم . وعلى أية حال فإن النجوم التى بالأذرع ذات مدى أوسع من حيث الاختلاف فى الخواص بالنسبة إلى نجوم المركز . وربما ينجم عن ذلك أن تتخذ أنواع الحياة التى تنشأ على كواكبها لنفسها صفات مختلفة أيضاً إلى حد كبير ، وربما تظهر أنواع الكائنات الذكية الناشئة عليها فروقاً تستحق المشاهدة ، وتثير الاهتمام الفكرى أو العقلى لدى علماء الأحياء الخارجية فى المركز .

---

* حيوان ثدبى يعيش فى أستراليا (المترجم) .

وفى كلتا الحالتين علق لافتات « اللاخطيئة » ، و « محظور الصيد تحت أى ظرف » ، ولف السلك الشائك حول الأماكن المحظورة ، وضع الحراس الذى يقتلون سارقى الصيد عياناً ، راقب واعمل ملاحظاتك عن بعد ، ولكن لا تجعل الأشياء (يعنى الكائنات) التافهة الصغيرة التى تخجل أن تراك تحت أى ظرف من الظروف ، أو أن تقلق راحتك ، وانظر إليهم وراقبهم بين الفينة والفينة وهم يفجرون القنابل الذرية على قدر فضولهم وقصر نظرهم . فإنك لن تتردد فى أن تحلف بأنهم بشر .

ولهذا فمن الجائز أننا لسنا طلقاء، ومن الجائز أننا أنواع محمية، ولكننا نجهل ذلك، وفى هذه الحالة يبقى علينا أن نكبر ، وننضج ، ونرى علية القوم أننا على شىء ، أو على الأقل أننا سنصير على شىء يوماً ما .

ومن الجائز أننا نستطيع أن ننجز ذلك — أيضاً — يوماً ما .

١٢ ـ المقياس المتغير للبعد

يتغير رأى الفلكيين بخصوص حجم الكون تغيراً فجائياً كل مرة بين الفينة والفينة ، وباستمرار نحو الكبر والاتساع . وآخر مرة حدث فيها ذلك تقع المسئولية فيها مباشرة على ما فتحته الحرب من أبواب .

وفى أوائل هذا القرن كانت فى الحقيقة لدى الفلكيين فكرة غير واضحة عن حجم الكون ، وعمل أحسن تقدير من حيث الزمن بمعرفة فلكى هولندى يدعى جاكوبس كورنيليس كابتين . فمنذ عام ١٩٠٦ عمد إلى مراجعة دراسة (مسح) الطريق اللبنى أو طريق التبانة ؛ فقد صور أجزاءً صغيرة منه ، وعد النجوم من كل قدر معين فيها . وبفرض أنها نجوم من الحجم المتوسط حسب أبعادها على قدر ما بدت من خفوت .

وانتهى بفكرة أن المجرة هى شيء على هيئة عدسة ، (وهو أمر كاد يسود الاتفاق عليه منذ عهد وليم هرشل قبل ذلك بقرن) . وما الطريق اللبنى إلا العجاج الذى يشبه السحب المكونة من ملايين النجوم البعيدة التى نراها عندما ننظر على طول العدسة المجرية . ولقد قدر كابتين أن أكبر أطوال قطر المجرة يبلغ ٢٣٠٠٠ سنة ضوئية ، كما أن سمكها يبلغ نحو ٦٠٠٠ سنة ضوئية . وعلى قدر ما كان فى مستطاعه أو مستطاع غيره من إمكانيات فى ذلك الوقت لم يكن هنالك شيء يوجد خارج المجرة .

وقرر كذلك أن المجموعة الشمسية تقع قريباً جداً من مركز المجرة ،

وذلك للأسباب الآتية : فأولا يقطع الطريق اللبنى السموات نصفين متساويين تقريباً ، ولذلك لابد أننا نقع على المستوى المتوسط للعدسة . وإذا ما كنا فوق ذلك المستوى أو تحته بكثير ، فإن الطريق اللبنى يزدحم بالنجوم فى نصف معين من السماء .

وثانياً ، يتساوى لمعان الطريق اللبنى فى كافة أرجائه ، فإذا ما كنا نقع ناحية طرف أو آخر من العدسة ، فإن الطريق اللبنى سوف يكون أكثر سمكاً فى اتجاه الطرف البعيد ، ومن ثم يكون أكثر بريقاً ولمعاناً كذلك من الجزء الواقع فى الطرف القريب .

وبالاختصار تقع الشمس فى مركز المجرة تقريباً لأن السموات متشابهة ، وهذا هو الوضع .

ولكن كانت هنالك خاصية واحدة من خصائص السماء تدل على عدم تجانس النصفين . فهناك فى السماء عدد من « تجمعات النجوم الكرية » التى تكاد تتراحم فيها النجوم لتكون أشكالا كرية على وجه التقريب . وتحتوى كل مجموعة كرية فى أى مكان على ما يقرب من مائة ألف نجم إلى بضعة ملايين ، وفى مجرتنا وحدها نحو ٢٠٠ مجموعة منها .

حسناً ، فإذاً ليس ثمة ما يدعو إلى عدد توزيع هذه التجمعات بالتساوى بين سائر أرجاء المجرة ، وإذا ما كنا فى المركز فمن اللازم أن تنتشر عبر السماء بانتظام ملحوظ ، ولكن ليس هذا هو الوضع ، إذ يلوح أن عدداً وفيراً منها إنما يتراحم بعضه مع بعض فى جزء صغير من السماء ،

وهو الجزء المكتظ بمجموعتى تجمعات النجوم أو كوكبتى القوس والعقرب .

وتقلق هذه الحقيقة العجيبة بال الفلكيين ، وكثيراً ما تفتح الأبواب لوجهات نظر جديدة عن الكون .

وتتوافر الطريقة التى تحل بها هذه المسألة ، وكذلك الطريقة التى توصل إلى وجهات نظر حديثة عن الكون فى دراستنا لنوع معين من النجوم المتغيرة ، وهى النجوم التى لا تثبت على حال قط من حيث درجة اللمعان أو البريق . أو إذا شئت فهى النجوم التى تترجرج (أو ترفرف إذا صح هذا التعبير) .

وهناك العديد من الأنواع المختلفة للنجوم المتغيرة ، وهى تميز فيما بينها بالطراز أو الأنموذج الدقيق لتغيرات الضوء . فبعض النجوم يترجرج ضياؤها لأسباب خارجية ، ويرجع سبب ذلك عادة إلى كسوفها برفاق لها مظلمة تعترض طريق رؤيتنا لها ، فالنجم (الجول) الذى فى كوكبه برشاوش رفيق مظلم يعترض سبيلنا كل ٦٩ ساعة . ويفقد (الجول) خلال فترة الكسوف هذه ثلثى ضوئه (ليس هذا بالكسوف الكلى) لمدة ساعتين تقريباً ثم يستعيد ضياءه سريعاً .

وأكثر متعة من ذلك تلك النجوم التى تغير بريقها بسهولة بسبب التغير فى تكوينها الداخلى . فبعضها ينفجر بعنف أو بغير عنف ، وبعضها يتبدل حاله بطريقة غير منتظمة لأسباب غامضة ، بينما يتغير بعضها بطريقة منتظمة جداً لأسباب غامضة كذلك .

ومن أكثر الأمثلة وضوحاً ولفتاً للنظر من بين أفراد المجموعة الأخيرة نجم يقال له (دلتا سيفى)* فى كوكبة قيفاوس . فهو يضىء ثم يخفت ضوؤه ثم يضىء ثم يخفت خلال زمن دورى قدره ٥,٣٧ أيام . وهو يعمد إلى زيادة الإضاءة بانتظام خلال يومين بعد أن يكون قد وصل إلى أعظم درجات إعتامه ، حتى يدرك قمة البريق الذى يقدر بضعف لمعانه لحظة أكبر درجات الإعتام . وبعد ذلك يمضى نحو ثلاثة أيام وثلث اليوم فى الخفوت رويداً رويداً حتى يصل إلى حضيض بريقه من جديد . وتزايد الإضاءة أسرع بكثير من عملية الإظلام .

ويلوح من طيف (دلتا قيفاوس) أنه نجم خفاق ؛ أى إنه يتمدد وينكمش . ولو أنه احتفظ بنفس درجة الحرارة خلال هذا الخفقان لكان من السهل أن نفهم أو ندرك أنه يصير أكثر لمعاناً عندما يدرك أوج حجمه. وأكثر خفوتاً عندما يصل إلى أقل حجم له . وعلى أية حال ، فإنه يغير أيضاً من درجة حرارته ، فيكون أسخن ما يمكن عندما يصل إلى أوج لمعانه ؛ وأبرد ما يمكن عندما يكون فى حضيض إعتامه . والمشكلة هى أن أكبر درجة حرارة وأعظم لمعان لا يكتملان عندما يدرك أكبر الحجوم ، ولكن عندما يكون النجم فى حالة التمدد وفى منتصف الطريق إلى أكبر حجم له ، هذا كما يصل إلى أقل درجات الحرارة وأعظم حالات الخفوت عندما يكون فى حالة الانكماش وفى منتصف الطريق إلى أقل حجم له . ومعنى ذلك أن (دلتا قيفاوس) هذا ينتهى بأن يكون له

* هو دلتا قيفاوس ، وربما يكون القدر أو الراعى أو الفرق أو حتى القرحة .
(المترجم)

نحو نفس الحجم فى أوج بريقه وفى أطراف إعتامه . ولو أنه فى الوضع الأول يكون فى حالة التمدد ، كما أنه فى الوضع الثانى يكون فى حالة الانكماش .

ولماذا يخضع النجم لنبضات منتظمة. ولكن ليست معاصرة بعضها بعضاً (أى تقع فى نفس الوقت) فى كل من الحجم ودرجة الحرارة ؟ لا يزال هذا الجزء غامضاً لا نعرف عنه شيئاً .

وهناك ما يكفى من خصائص (دلتا قيفاوس) وصفاته مما اضطر الفلكيين وحملهم ، عندما وجدوا نجوما أخرى تتصرف بنفس الطريقة أو على نفس النمط ، على التحقق من أن كافة هذه النجوم يجب أن تنتمى إلى مجموعة من النجوم متشابهة من حيث التركيب ، وأطلقوا عليها اسم « متغيرات قيفاوس » تخليداً لذكرى أول نجم تم التعرف عليه فى هذه المجموعة .

وتختلف النجوم القيفاوية فيما بينها من حيث طول الدورات الزمنية . فمن هذه الدورات ما يتم فى يوم واحد ، ومنها ما يطول إلى ٤٥ يوما ، مع أمثلة متكررة على طول هذا الفرق بين الفترتين . وأقرب نجوم المجموعة القيفاوية إلينا تبلغ فترتها الدورية نحو أسبوع كامل .

وليس ألمع وأقرب متغير قيفاوى بالنسبة لنا سوى النجم الشمالى : وتبلغ فترة دورته ٤ أيام ، ولكن خلال ذلك الوقت يسبب ترجرجه تغير بريقه بما لا يزيد على ١٠ أيام فى المائة ، ولذلك فإنه ليس بالعجب فى شيء ألا يلاحظ ذلك الفلكيون الذين لفت نظرهم النجم (دلتا قيفاوس)

بما له من خفوت أكثر إلى حد ما ، ولكن تغيرات جوهرية ظاهرة فى لمعانه وبريقه .

وهناك عدد من النجوم تحكى منحنيات تغيراتها منحنيات المتغيرات القيفاوية ، ويلزم التعرف عليها من بين تجمعات النجوم الكرية . والفرق الرئيسى الذى يميزها عن غيرها من النجوم القيفاوية العادية القريبة منا أن فتراتها الدورية فى غاية القصر ، فأطول فترة بينها تبلغ نحو يوم واحد ، وقد تم التعرف على فترات دورية تبلغ من القصر ساعة ونصف ساعة . وفى أول الأمر أطلق على هذا النوع اسم الحزمة (القيفاوية) ، كما أطلق على الأنواع العادية من النجوم القيفاوية اسم قيفاوس (الكلاسيكية) أو التقليدية . وعلى أية حال فقد اتضح أن حزمة (قيفاوس) هذه اسم غير سليم ، لأن مثل هذه النجوم تم العثور عليها بمعدلات متزايدة خارج التجمعات أو العناقيد كذلك .

واليوم يطلق على المتغيرات القيفاوية عادة اسم خير مثال تمت دراسته (تماماً كما تبدو) ، ويسمى هذا المثال الذى تمت دراسته على أحسن حال « ر ر » الهرارين * وعلى ذلك فإن المتغيرات القيفاوية تسمى (فى الغالب) بمتغيرات « ر ر » الهرارين .

وحتى عام ١٩١٢ لم تبد لهذه الأشياء أية صلة بسعة الكون عندما كانت الآنسة هنريتا ليفيت تدرس سحابة مجلان الصغيرة التى اعترضت سبيل زوج من عشرات متغيرات قيفاوس التى بها .

---

* وكذلك ربما النسر الواقع (المترجم) .

(تظهر سحابتا مجلان الكبيرة والصغيرة على هيئة نتفتين من السحب التى تبدو فى مظهرها كأنها بقايا منفصلة عن الطريق اللبنى . وهى ترى فى نصف الكرة الجنوبى ، وأول من رصدها الأوروبيون خلال رحلة فرديناند ماجلان حول العالم وعودته عام ١٥٢٠ ، ولهذا أطلق عليها هذا الاسم) .

ويمكن أن تقسم أو تجزأ سحب* مجلان إلى نجوم بوساطة منظار فلكى جيد ، ويرجع السبب فى ظهور هذه النجوم على هيئة نتف من الضباب التى لا يمكن التمييز بين أجزائها إلى مجرد بعدها الكبير عنا . ونظراً لأن هذه السحب توجد على أبعاد سحيقة جداً منا فإنه يجوز أن تعتبر كافة النجوم التى فى أية سحابة منها على نفس البعد عنا . وليس هناك فرق كبير بين الحالة التى يكون فيها نجم ما فى الحافة القريبة من السحابة أو فى حافتها البعيدة .

ويعنى هذا أيضاً أنه إذا ما بدا نجم فى سحابة مجلان الصغيرة فى مثل ضعف لمعان نجم آخر . فإن بريقه يكون الضعف كذلك ، ولا دخل للمسافة فى هذا الأمر .

حسناً ، عندما عمدت الآنسة ليفيت إلى تسجيل اللمعان ومدة تغير النجوم القيفاوية فى سحابة مجلان الصغيرة ** وجدت بينهما علاقة ظاهرة غير معقدة . فكلما كانت المتغيرات القيفاوية أكثر بريقاً طالت

* هى فى الواقع سدم جمع سديم . (المترجم)
** هى سدم . (المترجم)

الفترة . وأعدت منحنياً بيانيًّا يوضح العلاقة بين الظاهرتين . ويسمى هذا الشكل باسم « منحنى فترة الإضاءة » .

ومثل هذا المنحنى لا يمكن اكتشافه من المتغيرات القيفاوية القريبة منا ، نظراً لما تدخله فروق المسافة من تعقيدات . فمثلا (دلتا قيفاوس) أكثر لمعاناً وبريقاً من النجم الشمالى ، ولذلك فإن له فترة زمنية أكبر . ولكن النجم الشمالى أقرب إلينا بكثير من النجم (دلتا قيفاوس) ، بحيث يبدو النجم الشمالى أكثر لمعاناً بالنسبة إلينا . ولهذا السبب يبدو أن الفترة الأطول إنما تتمشى مع النجم الأكثر خفوتاً . وبالطبع لو أنه كانت فى حيازتنا مقادير المسافات الفعلية للنجم الشمالى و (دلتا قيفاوس) لاستطعنا أن نضع الأمور فى نصابها ، ولكن فى تلك الآونة لم تكن المسافات قد عرفت بعد .

وبمجرد أن تم رسم منحنى فترة الإضاءة عمد الفلكيون على الفور إلى افتراض أنه يصلح لكافة المتغيرات القيفاوية ، ومن ثم استطاعوا أن يبنوا نموذجاً لقياس الكون . ومعنى ذلك أن الفلكيين اختاروا متغيرين قيفاويين لهما نفس الفترة الدورية ، واستطاعوا أن يفترضوا أن لهما كذلك فى الأصل نفس البريق . فإذا ما ظهر بريق المتغير القيفاوى ا فى قدر ربع بريق المتغير القيفاوى ب يقتصر السبب على أن بعد المتغير القيفاوى ا يبلغ ضعف بعد المتغير القيفاوى ب بالنسبة إلينا . (يتناسب البريق عكسيًّا مع مربع المسافة) ولقد أمكن وضع المتغيرات القيفاوية ذات الفترات الدورية المختلفة على أبعاد متباينة ، وترتيبها بالنسبة إلينا

مع قليل من المتاعب .

ويحتاج الفلكيون إلى معرفة المسافة الفعلية مقدرة بالسنين الضوئية لأى من المتغيرات القيفاوية فى أوضاعها النسبية . وذلك لتحديد المسافة الفعلية لها جميعاً .

ولم يكن هناك سوى مصدر واحد للصعوبات التى اعترضت سبيلهم فى هذا الصدد : فالطريقة الأكيدة لقياس بعد أى نجم كانت تعتمد على تغير الوضع الظاهرى . وعلى أية حال فإن تغير الوضع الظاهرى يبلغ من الصغر على مسافة ١٠٠ سنة ضوئية الحد الذى يكاد يحول دون قياسه . ولسوء الحظ يبعد نجم الشمال الذى هو أقرب متغير قيفاوى إلينا بأضعاف هذه المسافة .

ولقد اضطر الفلكيون إلى عمل تحليلات إحصائية مطولة ومعقدة لتجمعات النجوم التى على أبعاد متوسطة (ليست أبعاد التجمعات الكرية) . وبهذه الطريقة عينوا المسافة الفعلية لبعض هذه التجمعات ومن ضمنها المتغيرات القيفاوية التى تضمنتها .

وعلى ذلك فإن نموذج المقياس الكونى أصبح خريطة حقيقية ، وصارت المتغيرات القيفاوية مقاييس متغيرة فى أيدى الفلكيين .

وفى عام ١٩١٨ بدأ هارلو شابلى عمليات حساب أبعاد التجمعات الكرية المختلفة بالنسبة إلى متغيرات (ر ر ليرى) التى تضمنتها ، وذلك باستخدام منحنى تغير الإضاءة للآنسة ليفيت ، فحصل على أرقام كبيرة جداً ، وتم تصحيحها وتخفيضها خلال السنوات العشر التى تلتها ، ولكن بقيت الصورة الجديدة التى رسمها للمجرة بما لها من

اتساع على حالها .

وتوزع التجمعات الكرية فى كرة فوق وتحت مستوى المجرة الأوسط . وما مركز هـــذه الكرة المكونة من التجمعات الكرية سوى مستوى العدسة المجرية . ولكن عند نقطة تقع على بعد عشرات آلاف السنين الضوئية منا فى اتجاه كوكبة القوس .

ولقد فسرت هذه الحقيقة السر الذى من أجله توجد أغلب التجمعات الكرية فى ذلك الاتجاه .

وظهر لشايلى أنه من الطبيعى أن يفرض أن مركز التجمعات الكرية هو نفسه على وجه التقريب مركز المجرة . ولقد خطّأت بعض القرائن الأخرى التى ظهرت بعد ذلك هذا الرأى : وهكذا صار مركزها ليس هو مركز المجرة بحال من الأحوال ، ولكن على بعد كبير إلى جانب من الجوانب .

ونحن ما زلنا فى المستوى الأوسط للمجرة، لأن الطريق اللبنى يقسم السموات إلى نصفين ، ولكن كيف نفسر أو نعلل حقيقة أن الطريق اللبنى له نفس البريق فى كافة أرجائه إذا لم نكن نحن فى الحقيقة فى المركز ؟ الجواب هو أن المستوى الأوسط عندما يصل إلى مشارف المجرة وأطرافها (حيث نوجد نحن) يصبح مشحوناً بسحب أو سدم الغبار الكونى . وتقع هذه السحب بيننا وبين مركز المجرة ، بحيث تحجبه عنا تماماً .

والنتيجة أننا سواء استخدمنا المناظير الفلكية المكبرة أم لم نستخدمها ،

لا نرى من المجرة سوى الجزء الذى فى طرفنا فقط . فنحن فى مركز الجزء من المجرة الذى يمكن أن نراه ضوئيًّا ، ولا يختلف هذا الجزء كثيراً من حيث الحجم عن تقدير كابتين. ولقد جاء خطأ كابتين (وهو ما يغتفر له فى ذلك الوقت) عن طريق افتراضه أن ما نستطيع أن نراه هو كل المجرة الموجودة . ولكن ليس الأمر كذلك .

والشكل الأخير للمجرة الذى يعتقد أنه الشكل الصواب هو على هيئة عدسة طولها ١٠٠,٠٠٠ سنة ضوئية وسمكها ٢٠,٠٠٠ سنة ضوئية عند المركز . ويتناقص هذا السمك بالاقتراب من الأطراف ، وحيث توجد شمسنا (التى تبعد عن مركز المجرة بمقدار ٣٠,٠٠٠ سنة ضوئية أى على مسافة ثلثى الطريق إلى نهاية المجرة) يبلغ سمك المجرة ٣٠٠٠ سنة ضوئية فقط .

ولقد سبق أن استخدمت القيفاويات التى فى سحب مجلان فى تحديد بعدها حتى قبل تحديد قياسات المجرة نهائيًّا . ولقد دلت تلك القياسات على أنها تبعد عنا بمقدار ١٠٠,٠٠٠ سنة ضوئية (وأحسن الأرقام الحديثة التى توصل إليها هى ١٥٠,٠٠٠ سنة ضوئية للسحابة الكبيرة ، و ١٧٠,٠٠٠ سنة ضوئية للسحابة الصغيرة من سحب مجلان) . فهى لذلك قريبة جدًّا من المجرة وصغيرة جدًّا بالنسبة إليها بحيث يجوز اعتبارها كأنها « توابع مجرية » لمجرتنا .

ومن المعدل الذى تجرى به شمسنا والنجوم المجاورة لها فى دورتها التى

تعادل ٢٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة حول مركز المجرة ، يمكن حساب كتلة هذا المركز (الذى يحتوى على أغلب نجوم المجرة) . والنتيجة أن هذه الكتلة تقدر بنحو ٩٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة قدر كتلة شمسنا . وإذا ما اعتبرنا أن لشمسنا قيمة متوسطة من حيث الكتلة ، فإننا نستطيع من غير تحيز أن نعتبر المجرة مكونة من ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ نجم . وعندما نقارنها بسحابتى مجلان نجد أنهما يحتويان على ٦,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ نجم فى مجموعهما الكلى .

وفى العشرينيات من القرن العشرين تساءل العلماء عما إذا كان هنالك أى شىء يوجد خارج مجرتنا وتوابعها . وقامت الظنون حول تكوينات خاصة مضببة خافتة الضوء كانت أوضح أجزائها كتلة سحابية فى كوكبة أو تجمعات نجوم المرأة المسلسلة (كان حجمها نحو نصف حجم القمر الكامل كما تراها العين المجردة ، وأطلق عليها اسم سديم المرأة المسلسلة — وأصل كلمة سديم « نبيولا » لفظ إغريقى يعنى السحاب) .

وكانت هنالك بعض السدم تعرف على أنها جزء من المجرة لأنها تحتوى على نجوم مستعرة (ليست على أبعاد شاسعة) ، وكانت حرارتها الزائدة هى سبب بريقها ، ومن أمثلة ذلك سديم الجبار . وعلى أية حال فإن سديم المرأة المسلسلة لم يتضمن مثل تلك النجوم التى يمكن أن يبصرها الإنسان وتظهر كأنها مضيئة تلقائيًا . فهل من الجائز إذا كانت كتلة من عجاج انقسمت إلى العديد من النجوم المتباعدة بعضها عن بعض إلى حد كبير جدًا (مع التكبير اللائق) ، كما أمكن أن ينقسم الطريق

اللبنى وسحب مجلان ، ونظراً لأن نفس المنظار الفلكى المكبر الذى استطاع العلماء به أن يحللوا دقائق الطريق اللبنى وسحب مجلان لم ينجح فى إجراء نفس العملية بالنسبة لسديم المرأة المسلسلة ، فهل من الجائز أن سديم المرأة المسلسلة هذا كان على أبعاد أكبر من ذلك بكثير .

وجاءت الإجابة عام ١٩٢٤ عندما وجه أدوين باول هابل منظار المائة بوصة بمرصد جبل ولسون إلى سديم المرأة المسلسلة وأخذ بعض الصور الفوتوغرافية التى أظهرت أطراف السديم وقد تحللت إلى نجوم . وأكثر من ذلك فقد وجد تغيرات قيفاوية بين النجوم التى تم التعرف عليها حديثاً واستخدمها فى تعيين أبعادها . ولقد ظهر أن بعد سديم المرأة المسلسلة هو ٧٥٠,٠٠٠ سنة ضوئية ، وهذه هى القيمة التى عثر عليها فى كافة كتب الفلك التى نشرت خلال الثلاثين سنة التى أعقبت ذلك التاريخ .

وعندما نحسب حساب المسافة ، نجد بكل جلاء ووضوح أن سديم المرأة المسلسلة هو شىء فى حجم المجرة ، ولذلك فهو يسمى الآن مجرة المرأة المسلسلة . ووضع هبل أساس الحقيقة القائلة بأن عدداً آخر وفيراً من نوع سديم المرأة المسلسلة هو فى الواقع مجرات ، وتقع حتى على مسافات أكبر من مجرة المرأة المسلسلة ذاتها (التى تجاورنا فى واقع الأمر) . وتلك لحظة قفز فيها حجم الكون من قطر يقدر بمئات آلاف السنين الضوئية إلى قطر يقدر بمئات الملايين .

وعلى أية حال ، فقد كانت هنالك بعض الحقائق أو الأسباب

القليلة التى تعمل على اضطراب وتعكير صفو هذه النتائج . فالسبب الأول أن بدت كافة المجرات الأخرى كأنها أصغر بكثير من مجرتنا . ولماذا تكون مجرتنا بالذات العضو البارز فى الحجم من بين مجموعة كبيرة ؟

والسبب الثانى هو أن لمجرة المرأة المسلسلة هالة من التجمعات الكرية كما لمجرتنا تماماً . وعلى أية حال فإن تجمعاتها أصغر بكثير وأكثر خفوتاً بالنسبة لمجرتنا — فلماذا ؟

وجاء ابتداء الإجابة عام ١٩٤٢ عندما عاود ولتر بادى النظر إلى مجرة المرأة المسلسلة باستخدام منظار المائة بوصة . وحتى ذلك الحين لم تكن تنقسم المجرة إلى نجوم إلا فى أرجائها أو مشارفها الخارجية ، أما أجزاؤها المركزية أو الوسطى فقد بقيت على حالها على هيئة نتفة من الضباب . ولكن فى تلك الآونة حصل بادى على انقسام غير عادى . فقد كانت الفترة فترة حرب وكانت ولاية لوس أنجليس مظلمة ، مما عمل على إزالة أضواء المدينة الخافتة البعيدة ، وعمل على تحسين « الرؤية » .

ولأول مرة أخذت صور فوتوغرافية أظهرت الأجزاء الداخلية لمجرة المرأة المسلسلة . واستطاع بادى أن يدرس أكثر النجوم لمعاناً فى الداخل .

واتضح أن هنالك فروقاً مثيرة بين ألمع نجوم فى المناطق الداخلية وتلك التى على الحواف . فألمع نجوم فى الداخل كانت محمرة ، بينما كانت تلك التى فى الحواف تميل إلى الزرقة ، وهذه الظاهرة وحدها فسرت زيادة السهولة والإمكانيات التى جعلت الألواح الفوتوغرافية تلتقط صور النجوم

الخارجية ، نظراً لأن اللون الأزرق يؤثر بدرجة أكبر على الألواح إذا ما قورن باللون الأحمر (ما لم تستخدم ألواح من نوع معين) . وترجع إلى هذه الحقيقة علة أن ألمع النجوم (المائلة للزرقة) التى على الحواف بلغت من البريق مائة مرة قدر ألمع النجوم (المائلة للاحمرار) التى فى الداخل .

وخيل لبادى أن مجرة المرأة المسلسلة تحتوى على مجموعتين من النجوم لهما تكوين متباين وتاريخ مختلف ، فعمد إلى تسمية نجوم الحواف باسم طائفة أو السكان ١ ، كما أطلق اسم طائفة أو السكان ٢ على النجوم التى بالداخل .

والطائفة ٢ هى مجموعة النجوم السائدة فى الكون ، إذ ربما تكون ٩٨ فى المائة من المجموع الكلى : وهى نجوم إلى حد كبير قديمة العهد متوسطة الحجم ، وعلى قدر معتدل فى خواصها ، كما أنها تتحرك فى وسط خلو من الغبار الكونى .

أما الطائفة ١ فهى لا توجد إلا فى الأذرع اللولبية المزدحمة بالأتربة الكونية لتلك المجرات التى لها أذرع حلزونية . وعلى وجه العموم فإن أعمارها تختلف إلى حد كبير . وكذلك يتباين تركيبها بالنسبة إلى نجوم السكان ٢ . ومن بينها نجوم حديثة العهد جداً مستعرة ومضيئة . (وربما تكتسح نجوم الطائفة رقم ١ الغبار الذى تمر به تدريجاً فتزداد كتلها وتصبح أكثر سخونة وأعظم لمعاناً وبريقاً — وبذلك تقل أعمارها تماماً كما يفعل البشر بالمزيد من الغذاء) .

وبهذه المناسبة فإن شمسنا بالذات تصاحب ذراعاً لولبيًّا ، ولذلك فإن النجوم التي اعتدنا عليها في سمائنا تنتمي إلى الطائفة رقم ١ . ولحسن الحظ نجد أن شمسنا نجم قديم هادئ مستقر ، وهي ليست مثالا واضحاً لتلك المجموعة التي تكثر فيها الدوامات والتقلبات .

وبمجرد أن تم تركيب منظار المائتي بوصة على جبل بالومار* واصل بادى دراساته وبحوثه بالنسبة للنوعين من السكان أو الطائفتين ، وهما من المتغيرات القيفاوية في كل من النوعين ، ولقد أظهرت هذه الحقيقة نقطة هامة مثيرة .

وتنتمي المتغيرات القيفاوية لسحب مجلان (التي ليست لها أذرع حلزونية) إلى فصيلة السكان ٢ وبالمثل متغيرات « رر » ليرى التي في التجمعات الكرية : والمتغيرات القيفاوية للتجمعات غير الكرية التي حسبت أبعادها أول الأمر بطرق إحصائية . وفي معنى آخر فإن كل ما عمل خاصًّا بحجم المجرة ، وبعد سحب مجلان . بالإضافة إلى الإنشاء الأصلي لقياسات المتغيرات القيفاوية . كلها عمليات أجريت على الطائفة ٢ من القيفاويات . ولا بأس إلى هذا الحد أو القدر .

ولكن ما أمر بعد المجرات الأخرى ؟ لقد اقتصرت مشاهدات هبل ومن تبعوه على عمالقة النجوم ذوات الحجوم غير العادية في الكبر التي في الأذرع الحلزونية للمجرات الأخرى ، مثل مجرة المرأة المسلسلة :

---

* أنشأت الجمهورية العربية المتحدة منظارا عظيما قطره ٧٤ بوصة في طريق السويس، ولهذا المنظار قيمة عالية بالنسبة لجونا الممتاز (المترجم) .

أو لقد كانت عمالقة النجوم هذه ذوات الحجوم غير العادية من طائفة السكان ١ ، كما كانت المتغيرات القيفاوية التي رصدت بينها تنتمي إلى نفس الطائفة . ولما كانت مثل هذه الطائفة من السكان ١ تختلف إلى حد كبير عن طائفة السكان ٢ فهل يستطيع المرء أن يتأكد من أن قيفاويات الطائفة ١ تصلح لكي تخضع لمنحنى من منحنيات فترة الإضاءة التي حسبت أصلاً من المتغيرات القيفاوية للطائفة ٢ فقط .

لقد بدأ بادى مقارنة دقيقة بين قيفاويات طائفة السكان ٢ الموجودة في التجمعات الكرية وقيفاويات طائفة السكان ١ التي في جوارنا بالذات ، وأعلن في عام ١٩٥٢ أن هذه الأخيرة لا تصلح للتمشي مع منحنى فترة الإضاءة الذى كان قد رسم بمعرفة ليفيت ، فلقد كان بريق أى متغير قيفاوى من الطائفة ١ خلال أية فترة معينة يبلغ بين أربعة أو خمسة أضعاف البريق الذى يكون عليه المتغير القيفاوى من الطائفة ٢ ، ولذلك ثم رسم منحنى جديد لفترة الإضاءة خاصاً بقيفاويات الطائفة ١ .

حسناً ، إذاً ، إذا ما كان بريق كل نجم قيفاوى من طائفة السكان ١ يوجد في الأذرع اللولبية لمجرة المرأة المسلسلة أكثر إلى حد كبير من أربعة أمثال ما كان يعتقد ، فلكي يكون بريقه كما يبدو (يظل البريق الظاهرى على حاله بطبيعة الحال) فإن هذه النجوم يجب أن تكون على بعد يزيد بكثير على ضعف المسافات التي كانت قد قدرت لها .

إن المقياس المتغير للقيفاويات ، ذلك المقياس الذى كان يستخدمه الفلكيون في تحديد أبعاد المجرات الأخرى ، تحول فجأة إلى نحو ثلاثة

أضعاف طوله الذى كانوا يتصورونه .

وفجأة أزيحت كافة المجرات القريبة التى سبق أن قدرت أبعادها بذلك القياس إلى مثل ثلاثة أضعاف ما كانت عليه نحو الفضاء الخارجى. أما المجرات البعيدة التى سبق أن قدرت أبعادها بطرق تعتمد على القيم « المعروفة » لأبعاد المجرات القريبة ، فقد عمل على تراجعها إلى أعماق الفضاء كذلك .

ومرة أخرى ازداد حجم الكون ، وأصبح منظار الماتى بوصة يخترق من الفضاء أكثر من بليون سنة ضوئية ، نعم بليونين كاملين من السنين الضوئية .

وحل ذلك مسألة المجرات ، فإذا ما كانت جميعها على نحو ثلاثة أضعاف البعد الذى كان يعتقد ، فمن اللازم أن تكون أكبر (فى الواقع والحقيقة) عما كان يعتقد . وعندما ازدادت حجوم المجرات هكذا فجأة نقص حجم مجرتنا (نسبياً) إلى حجم مناسب، ولم تعد أعظم ما فى العائلة حجماً وأكبرها جرماً . وفى واقع الأمر لا يقل حجم مجرة المرأة المسلسلة عن ضعف حجم مجرتنا من حيث عدد النجوم التى تحتوى عليها كل منهما .

وثانياً ، من اللازم أن تكون التجمعات الكرية التى من حول المرأة المسلسلة أكثر بريقاً ولمعاناً فى واقع أمرها أكثر مما كان يعتقد ، وذلك نظراً لأنها بالفعل أبعد بكثير عما كان يظن . وبمجرد أن حسب حساب تلك المسافة الأكبر اتضح أن بريق التجمعات الكرية للمرأة المسلسلة

يمكن مقارنتها ببريق تجمعات مجرتنا الكرية .

وأخيراً يتطلب الكون ، بفرض ابتدائه من مادة أصلية غليظة متضاغطة ، إلى فترة أطول بكثير للوصول إلى حالته الراهنة بما فيه من مجرات بينها مسافات شاسعة ، ولكن من غير أن تتأثر سرعات تباعدها الفعلية بهذا التغير (لا تتوقف سرعة التباعد على بعد المرئى الذى تحت الاختبار) . ولقد كان معنى ذلك أن عمر الكون هو « على الأقل » خمسة أو حتى ستة بلايين سنة . ولقد أقنع هذا الرقم المشتغلين بعلوم الأرض (الجيولوچيين) ، ولم يعودوا إلى اعتبار الأرض أكبر عمراً من الكون .

وكان فى ذلك أكبر عون .

١٣ - منظر الوطن

يناضل الإنسان فى الوقت الحاضر فى محاولة الوصول إلى القمر ، ولكنه يوماً ما - كما نأمل - سيقفز متجولا بين النجوم البعيدة . فهل فى مقدورنا أن نتخيل مجيء الوقت الذى يرفع فيه ملاح فلكى ، وهو يحس بالحنين إلى الوطن . وعيناه إلى السموات القريبة لكواكب الشموس البعيدة كى يحدد موقع النقطة الدقيقة التى هى « الشمس » ؟ - الوطن . الوطن الحبيب عبر الفضاء الشاسع المترامى الأطراف الذى يسود فيه الزمهرير .

إنها لصورة مؤثرة حقاً . ولكن ما يجول بخاطرى هو . . إلى أى مدى يستطيع الملاح الفلكى المذكور أن يذهب مبتعداً فى الفضاء ، ومع ذلك يظل قادراً على تمييز منظر الوطن وتحديد معالمه ؟ وفى إمكاننا تعميم هذه المسألة بأن نقول : ما هو البعد الذى يذهب إليه ساكن أى مجموعة نجومية (شمسية) ومع ذلك يظل يميز النجم الذى ولد فى مجموعة كواكبه ؟

يتوقف ذلك بطبيعة الحال على ما يكون عليه لمعان النجم المحدد . وهنا أقول (يكون) ولا أقول (يبدو) . وحيث إننا نوجد هنا على سطح الأرض فإننا نشاهد نجوماً من جميع الدرجات فى اللمعان . ويرجع أمر هذا اللمعان ويعود جزئياً إلى الاستضاءة الخاصة بالنجم، ولكنه يتوقف أيضاً على المسافة التى تفصله عنا . فنجم غير لامع بذاته - فى مجال النجوم -

قد يبدو لنا عضواً براقاً نظراً لأنه قريب نسبياً ، بينما نجم آخر أكثر لمعاناً من الأول ، ولكنه أيضاً أبعد مسافة عنه قد يبدو شيئاً ضئيلا إذا قورن أحدهما بالآخر .

فمثلا خذ النجمين ألفا قنطورس والعيوق ، فكلاهما متساو ظاهرياً في اللمعان ، كما أنهما في القدر ٠,١ ، ٠,٢ على الترتيب (تذكر أنه كلما صغر القدر كان النجم أكثر لمعاناً وبريقاً ، وأن كل نقص في القدر مساو للوحدة يقابله ضرب في ٢,٥٢ من حيث اللمعان) .

وعلى أية حال فإن النجمين ليسا على نفس البعد عنا ، فالنجم الفاقنطورس أقرب إلينا من كل النجوم ، وهو يوجد على مسافة قدرها ١,٣ بارسك (تجدني في هذا الباب أذكر جميع المسافات بوحدة البارسك لأسباب سأشرحها بعد قليل . ومن أجل تذكرتك نقول إن وحدة البارسك تساوي ٣,٢٦ سنة ضوئية أو ١٩,١٥٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميل) . ومن جهة أخرى يقع نجم العيوق على مسافة ١٤ بارسك منا ، أو عشرة أمثال بعد الفاقنطورس .

ولما كانت شدة الضوء تتناقص مع مربع المسافة ، فضوء العيوق إنما يتناقص بمقدار ١٠×١٠ أي ١٠٠ مرة قدر تتناقص ضوء الفاقنطورس ؛ وحيث إن العيوق يبدو في نهاية الشوط في مثل لمعان الفاقنطورس ، فمن اللازم أن يكون لمعانه في الواقع والحقيقة أكثر مائة مرة .

ونحن إذا ما عرفنا بعد نجم أمكننا أن نأخذه في الاعتبار وبذلك نستطيع حساب ما يكون عليه لمعانه لو أنه كان في موضع على مسافة

أساسية . والمسافة التي يستخدمها الفلكيون فعلاً كأساس في هذا الصدد هي ١٠ بارسك (ولهذا السبب أذكر جميع المسافات في هذا الباب مقدرة بالبارسك) .

وهكذا يكون القدر الظاهري (اللمعان الحقيقي للنجم كما نراه) للنجم الفاقنطورس هو ٠,١ وللعيوق ٠,٠٠٢ ، أما القدر المطلق (اللمعان الذي يظهر به النجم لو أنه كان على بعد ١٠ بارسك) فهو ٤,٨ لالفاقنطورس، و – ٠,٦ للعيوق .

وبهذه المناسبة تكاد الشمس تساوي في لمعانها لمعان أو بريق الفاقنطورس، فقدرها المطلق هو ٤,٨٦ ، وكلاهما من النجوم المتوسطة .

وفي الإمكان ربط القدر المطلق والقدر الظاهري والمسافة بوساطة المعادلة البسيطة التالية :

مـ = م + ٥ – ٥ لوف*

حيث إن (مـ) هو القدر المطلق لنجم ما ، (م) المقدر الظاهري ، (ف) المسافة مقدرة بالبارسك . وعلى بعد ١٠ بارسك تكون قيمة (ف) هي ١٠ ، ولو ١٠ تساوي الواحد الصحيح ، وتصير المعادلة مـ = م + ٥–٥ أو مـ = م . فالمعادلة – على الأقل – تؤيد ما سبق أن قلناه ، فتبين لنا أن القدر الظاهري إنما هو يساوي القدر المطلق عند المسافة الأساسية ١٠ بارسك .

ولكن دعنا نستخدم المعادلة في غرض أكثر أهمية ، فملاحنا الفلكي

* لو هو اختصار لوغاريتم كما هو معروف . (المترجم)

على كوكب نجم آخر . ويرغب فى أن يرشد عاليه القوم المحليين إلى الشمس ، وهو يود لكى يفعل ذلك بكل فخر أن تكون من القدر الأول .

فالمعادلة ترشدنا إلى المسافة التى يجب أن نكون عندها حتى يتحقق ذلك ، فالقدر المطلق للشمس (م) هو ٤,٨٦ وهو ثابت لا يمكن تغييره . والمطلوب أن يكون القدر الظاهرى هو الواحد الصحيح ، ولذلك نعوض عن هذه القيمة بدلا من (م) ثم نحسب قيمة (ف) التى نجدها تساوى ١,٧ بارسك .

والفاقنطورس هو النجم الوحيد الموجود فى حدود ١,٧ بارسك من الشمس، ومعنى ذلك أنه من كوكب فى مجموعة الفاقنطورس فقط تظهر الشمس كنجم من القدر الأول ، ولا يتحقق هذا من أية مجموعة كواكب أخرى فى أنحاء الكون . فالشعرى اليمانية مثلاً قريبه منا (تقع على بعد أقل من ٣ بارسك ، أى قريبة إلى درجة تجعله دون منافسة أكثر النجوم لمعاناً فى السماء، مع أنها فى الحقيقة $\frac{1}{6}$ العيوق فى اللمعان) ، ومع ذلك حتى من مجموعة الشعرى اليمانية تظهر الشمس كنجم من القدر الثانى فقط .

حسناً إذاً ، لقد أرضى الملاح الفلكى كبرياءه ، ولكن الحنين إلى الوطن قد يجعله يتخلى عن التطلع إلى القدر الأول ، ويرضى بالتنازل إلى رؤية أى وميض من الوطن مهما كان خافتاً .

وحيث إن نجماً قدره ٦,٥ يكاد يراه زوج من العيون الممتازة فى

ظروف رؤية مثالية ، فلنأخذ (م) مساوياً ٦,٥ بدلا من الواحد الصحيح ونحسب قيمة جديدة للمقدار (ف) لنجدها تساوى ٢٠ « بارسك »، فالشمس تخفت إلى حدود الرؤية للعين المجردة على بعد ٢٠ « بارسك » .

وبالطبع تكون ظاهرة على هذا البعد من جميع الاتجاهات (بفرض ألا تحجبها سحب الغبار أو أى شيء من هذا القبيل) ، حتى إنه يمكن رؤيتها بالعين المجردة من أى مكان داخل كرة نصف قطرها بارسك تحتل الشمس مركزها ، وحجم مثل هذه الكرة حوالى ٣٢٠٠٠ بارسك مكعب .

ويبدو ذلك الحجم عظيماً وهائلا ، ولكن فى جوار شمسنا تبلغ كثافة توزيع النجوم (أو النجوم المتعددة) حوالى ٤ ½ لكل ١٠٠ بارسك مربع ، وعلى ذلك نجد داخل كرة الرؤية للشمس (أو الكرة التى تكاد ترى الشمس من على سطحها) ما يقرب من ١٤٥٠ نجماً أو مجموعات نجوم متعددة المركبات . وبما أن المجرة تحتوى على حوالى مائة بليون نجم، فإن عدد مجموعات النجوم التى يمكن رؤيتنا إياها بالعين المجردة إنما يمثل نسبة تافهة ، لا يعتد بها من بين ما هو موجود فعلاً بالمجرة .

أو دعنا نعالج الأمر بطريقة أخرى : فالعرض الكامل للمجرة عبر شكلها العدسى حوالى ٣٠٠٠٠ بارسك ، ومدى رؤية الشمس لا يزيد على $\frac{١}{٨٠٠}$ منه فقط .

ومن الواضح أننا لو أطلقنا لأنفسنا العنان فى التنقل من هنا إلى هناك بين أرجاء المجرة ، لوجب علينا أن نأخذها قضية مسلماً بها أننا حين نرفع

أعيننا المغرورقة بدموع الحنين للوطن إلى السموات الغريبة لن نرى منظر الوطن .

وبطبيعة الحال . لندع جانباً هذا الرثاء ولننبذه . فهنالك نجوم أقل من الشمس بكثير فى قوى الاستضاءة . ولذا تكون أقصر بكثير فى مدى الرؤية .

وأقل النجوم المعروفة من حيث شدة الاستضاءة هو ذلك المذكور فى الكتب تحت اسم « مرافق ب د + ٤° ٤٠٤٨* » والذى أقترحه — لأسباب واضحة (لأغراض هذا الباب فقط) أن نطلق عليه اسم (جو) ، و (جو) هذا له قدر مطلق قيمته ١٩,٢ ، ويبلغ ذلك اثنتين فقط من مليون من درجة لمعان الشمس . ورغم أنه على مسافة ٦ بارسك فقط منا إلا أنه يكاد يرى بمنظار فلكى كبير مناسب .

وباستخدام المعادلة السابقة نجد أنه على بعد ٠,٠٣ من البارسك . ويكاد (جو) يظهر للعين المجردة ، ومعنى ذلك أننا لو وضعنا (جو) مكان الشمس فإنه يختفى عن العين المجردة بحيث لا تراه على مسافة ستة أمثال بعد الكوكب بلوتو تماماً .

وليس هنالك احتمال له قيمته لوجود نجمين قريبين بعضهما من بعض إلى هذه الدرجة فى أى مكان من المجرة ، ما لم يكونا بطبيعة الحال

* مواقع النجوم المختلفة موجودة فى عدة أطالس من بينها أطلس أو (كتالوج) النجوم الألمانى (ب د) . أما الرمز (+ ٤°) فهو يشير إلى أن موقع هذا النجم فى السماء بالنسبة إلى خط الاستواء السماوى ينحصر بين ٤ ، ٥ درجات شمالية ، والرقم ٤٠٤٨ هو ترتيبه بين جميع النجوم الواقعة بين ٤ ، ٥ درجات . (المترجم)

جزءاً من مجموعة نجم متعدد المركبات . و (جو فرد فى مجموعة نجم متعدد المركبات ، وهى مجموعة تتضمن النجم ب د + ٤° ٤٠٤٨ » كمرافق لها) .

ونتيجة لذلك . فإن وجود نجم مثل (جو) يبقى سراً مغلقاً (لدى أى جنس لا يملك مناظير فلكية أو لا يعيش على كوكب يدور فعلا حول (جو) أو حول رفيقه . كما أن أى رجل من سكان (جو) لا يمكنه بتاتاً رؤية موطنه بالعين المجردة من أى كوكب خارج مجموعة متعددة المركبات . . من أى كوكب على الإطلاق .

ومن ناحية أخرى لنأخذ نجوماً أشد لمعاناً من الشمس . فالشعرى اليمانية قدرها المطلق ١,٣٦ ويمكن تمييزها من على بعد ١٠٠ بارسك . بينما العيوق ذو قدر مطلق قيمته – ٠,٦ ويمكن رؤيته حتى على مسافة ٢٦٠ بارسك . وعلى ذلك يمكن رؤية الشعرى اليمانية خلال حجم من الفضاء يبلغ ٦٠٠ مرة قدر الحجم الذى ترى فيه الشمس . وللعيوق خلال حجم قدره ٢٠٠٠ مرة .

وليس العيوق على أية حال أعظم النجوم استضاءة . فمن بين كل النجوم الظاهرة للعين المجردة يكاد رجل الجوزاء يكون أشدها استضاءة ، إذ أن قدره المطلق – ٥,٨ مما يجعل استضاءته تزيد بنحو ٢٠,٠٠٠ مرة قدر استضاءة الشمس . وحتى أكثر مائة مرة من استضاءة نجم العيوق اللامع البراق .

ويمكن رؤية رجل الجوزاء بالعين المجردة من على مسافة ٢٩٠٠

بارسك فى أى اتجاه ، أى إلى مدى يبلغ $\frac{1}{5}$ اتساع المجرة ، وهو مدى يستحق شيئاً من الإجلال والتقدير .

ويعنى ذلك أنه فى أنحاء جزء كبير من المجرة يمكننا الاعتماد فى التعرف على شمسنا عن طريق جارنا الفريد ، فنستطيع أن نقول للسكان المحليين : آه ، حسناً ، لا يمكنكم رؤية الشمس من هنا ، ولكنها قريبة جداً من رجل الجوزاء . ذلك النجم الموجود هناك والذى تطلقون عليه اسم بجفكسلبت .

ولكن الرقم القياسى لشدة الاستضاءة لم يفز به أى عضو فى مجرتنا نحن ، بل هنالك نجم اسمه (س . دورادوس) فى سحابة ماجلان الكبرى (وهو إلى حد ما تابع لمجرتنا وعلى مسافة ٥٠,٠٠٠ بارسك) . وهذا النجم (س . دورادوس) ذو قدر مطلق قيمته — ٩ . ويمكن رؤيته بالعين المجردة من بعد ١٢,٥٠٠ بارسك — هذا كما يمكن تمييزه عبر مجرته الصغيرة ، وتقريباً عبر الطول الكامل لمجرتنا الكبيرة لو أنه كان موجوداً فيها.

وبطبيعة الحال يمكن أن يتعادل النجم العادى فى بريقه مع النجم الذى يتفجر . وتنقسم النجوم المتفجرة إلى طائفتين : فأولا هناك النجوم البراقة العادية (نوفا*) التى تفجر كل مليون سنة أو ما يقارب ذلك نسبة مئوية من مادتها ، ويزداد لمعانها عدة آلاف المرات (مؤقتاً) عندما تجرى هذه العملية . وهى تحيا حياة طبيعية إلى حد كبير بين كل انفجارين تماماً كما تفعل النجوم العادية. وقد يصل القدر المطلق

* هى فى الواقع نجوم تعتبر حديثة الاكتشاف أو جديدة ، ونظرا لشدة بريقها فقد سبق أن ترجمتها إلى براقة . (المترجم)

لمثل هذه النجوم إلى — ٩ . مما يجعلها تقارب بريق أو لمعان (س . دورادوس) فى كافة الأوقات . إذ أن (س . دورادوس) هذا هو أكثر النجوم شذوذاً . وبكل تأكيد تبلغ درجة لمعان النجوم البراقة (نوفا) ملايين المرات قدر درجة لمعان النوم المتوسطة التى على غرار شمسنا .

ولكن هناك نجوماً فوق البراقة . وهى التى تتهشم تماماً وتصبح أثراً بعد عين خلال انفجار واحد هائل ، وتنجم عنه طاقة تبلغ ما تنتجه الشمس خلال ستين سنة . وتتبدد أغلب كتلتها ، أما ما يتبقى فيتحول إلى قزم أبيض . وتصل النهاية العظمى لأقدارها المطلقة فى أى مكان إلى ما بين — ١٤ — ١٧ . ولذلك فإن النجم فوق البراق الكبير يمكن أن تبلغ درجة لمعانه أو بريقه ١٥٠٠ مرة قدر حتى (س . دورادوس) .

وإذا ما تصورنا نجماً من النجوم فوق البراقة الجيدة التى يصل قدرها إلى — ١٧ ، فإن هذا النجم يمكن أن يرى بالعين المجردة وهو على أقصى درجات اللمعان من مسافة قدرها ٥٠٠,٠٠٠ بارسك . وفى معنى آخر عندما يضىء مثل هذا النجم فوق البراق فى أى جزء من مجرتنا فإنه يمكن أن يرى بالعين المجردة فى أى مكان آخر من نفس المجرة كذلك (ما لم يحل دون ذلك الإعتام الناجم عن الغبار الكونى المنتشر بين النجوم) ، وحتى يمكن أن يرى من توابع مجرتنا ممثلة فى سحابتى مجلان الكبيرة والصغيرة .

ومها يكن من شىء فقد تبلغ المسافة بين مجرتنا وأقرب المجرات لنا اكتمالا فى الحجم وهى مجرة المرأة المسلسلة نحو ٧٠٠,٠٠٠ بارسك ،

ولذلك فإن النجوم فوق البراقة الموجودة فى المجرات الأخرى لا يمكن أن ترى بالعين المجردة ، فأى نجم فوق براق يرى بالعين المجردة يجب أن يوجد فى مجرتنا بالذات ، أو على الأكثر فى سحب مجلان .

والآن لقد درس الفلكيون النجوم البراقة التى أضاءت وتوهجت فى مجرتنا . فمثلاكان هنالك نجم براق فى كوكبه الجاثى عام ١٩٣٤ الذى ارتفع من الإعتام خلال المنظار الفلكى المكبر إلى القدر الثانى (فى مثل بريق النجم الشمالى مثلا) خلال عدة أيام ، وبقى على ذلك القدر من البريق واللمعان لمدة ثلاثة أشهر .

وفى عام ١٩٤٢ وصل نجم براق القدر الأول (فى مثل بريق السماك الرامح) لمدة شهر .

ولكن النجوم البراقة ذاتها ليست غير عادية ، فإن عدد ما يتوهج منها فى المجرة يبلغ فى المتوسط ٢٠ نجماً كل عام .

وتختلف النجوم فوق البراقة عن ذلك تماماً . وكم يحب الفلكيون أن يحصلوا على قراءات خاصة بها ، ولكننا لسوء الحظ نجدها نادرة إلى حد كبير . فقد قدر أن نحواً من ثلاثة نجوم فوق البراقة تظهر فى كل مجرة كل ألف سنة ، أى ظاهرة واحدة لكل ٧٠٠٠ نجم براق عادى .

ومن الطبيعى أن تبلغ دراسة النجوم فوق البراقة الذروة القصوى إذا ما ظهرت فى مجرتنا بالذات ، ولهذا ينتظر جميع الفلكيين ظهور نجم منها .

وفى واقع الأمر ، هناك فرصة توقع ظهور ثلاثة نجوم فوق البراقة فى مجرتنا فى مدى الألف سنة الأخيرة . وعلى الأقل كانت هنالك ثلاثة

نجوم براقة تلمع بشدة وأمكن رؤيتها بالعين المجردة خلال هذه الفترة . وتمت رؤية النجم الأول منها عام ١٠٥٤ ميلادية على أيدى الفلكيين الصينيين واليابانيين . ومن الوضع الذى سجله أولئك الشرقيون فى كوكب الثور أخذ الفلكيون الحديثون فكرة عظيمة عن الفترة التى يبحثون خلالها عن أية بقايا للنجم البراق . وفى عام ١٨٤٤ استطاع الفلكى الإنجليزى وليم بارسنس أن يعين جسماً غريباً فى المكان اللائق . وقد كان هذا الجرم الغريب نجماً دقيقاً يرى بصعوبة باستخدام أى منظار فلكى جيد (وقد تحول أخيراً إلى قزم أبيض) . وكانت تحيط به كتلة غير منتظمة من الغاز المتوهج . ونظراً لأن الغاز كان غير منتظم ، وكانت له مساقط على هيئة المخالب أطلق على الجرم اسم سديم (أبوجلمبو) .

ولقد دلت الأرصاد المأخوذة خلال عشرات السنين على أن الغاز آخذ فى التمدد . وقد كشفت التحاليل الطبيعية عن المعدل الحقيقى لهذا التمدد . وباستخدام هذه القيم مع قيم المعدل الظاهرى أمكن تقدير بعد سديم (أبو جلمبو) بما يقرب من ١٦٠٠ بارساك . وبفرض أن الغاز أخذ ينبثق إلى الخارج فى زمن معين فى الماضى ، أمكن الرجوع إلى الخلف فى عمليات الحساب لمعرفة الفترة التى تم فيها ذلك الانفجار (من الوضع الحالى ومعدل تمدد الغاز) وقد تمخضت هذه العمليات الحسابية عن أن الانفجار إنما حدث حوالى عام ٩٠٠ ميلادية ، ولم يبق ثمة شك فى أن سديم (أبو جلمبو) هو ما تبقى من نجم عام ١٠٥٤ البراق .

ولكى يلمع النجم البراق بدرجة أكبر من الزهرة يلزم أن تكون له نهاية عظمى من القدر مقدارها ـ ٥ . وبالتعويض عن هذه القيمة فى المعادلة بدلا من م وللمسافة ف بالقيمة ١٦٠٠ نجد أن القدر الكلى هو على وجه التحديد ـ ١٦ . ومن هذه القيمة وبواقى القزم الأبيض والانفجار الغازى لا يبقى ثمة شك فى أن نجم عام ١٠٥٤ البراق كان نجماً من النجوم فوق البراقة الحقيقية وأنه نشأ فى مجرتنا .

وفى غضون عام ١٥٧٢ ظهر نجم جديد فى كوكبة ذات الكرسى . ولقد فاق الزهرة وكان يرى أثناء النهار . وفى هذه المرة رصده الأوروبيون . وفى الحقيقة أنه شاهده آخر وأشهر فلكى كان يرصد بالعين المجردة ألا وهو تيخو براهى وهو فى مقتبل العمر . وكتب عنه كتاباً أسماه (دى نوفا ستلا) أى (ما يتعلق بالنجم الجديد) ومنذ ذلك الحين تستخدم كلمة (نوفا) أو جديد لما ظهر بعد ذلك من نجوم براقة مماثلة .

وفى عام ١٦٠٤ ظهر نجم جديد كذلك ولكن فى كوكبة الحية . ولم يصل إلى درجة بريق ولمعان نجم عام ١٥٧٢ البراق ، وربما بلغ درجة لمعان المريخ فقط فى أوج إضاءته (نحو قدر ظاهرى يساوى ـ ٢,٥) . ولقد شاهده فلكى آخر عظيم هو جوهان كبلر الذى كان مساعداً لتيخو فى سنيه الأخيرة من حياته .

والسؤال الآن هو هل كان النجمان البراقان اللذان ظهرا عام١٥٧٢ ثم ١٦٠٤ من النوع فوق البراق ؟ ، على عكس الحالة التى ظهرت عام ١٠٥٤ لم يعثر لا على قزم أبيض ، ولا على تكوين سديمى ،

ولا على أى شيء فى المكانين اللذين عينهما كل من تيخو وكبلر . وبذلك لم تتوافر القرائن المباشرة التى تدل على النجوم فوق البراقة ، وربما كانا فقط من النجوم البراقة العادية .

حسناً . إذا ما كانا كذلك بقدر كلى لا يزيد على — ٩ ، فإن نجم عام ١٥٧٢ البراق لابد أنه كان على بعد ٦٠ بارسك فقط إذا فاق الزهرة فى درجة لمعانه . أما نجم عام ١٦٠٤ البراق فلابد أنه كان على بعد ٢٠٠ بارسك . ومن غير المحتمل ألا ترصد المناظير الفلكية الحديثة النجوم التى على مثل هذه الأبعاد القصيرة . حتى إذا كانت خافتة الضوء أو معتمة . كما يلوح لى (بالطبع إذا انتهى أمر النجمين إلى درجة إعتام أو خفوت « جو » ربما لا يمكن رصدهما . إلا أن هذا المستوى من الخفوت والإعتام غير محتمل إلى حد كبير) .

ويلوح أن أغلب الفلكيين قانعون بأن نجمى عام ١٥٧٢ و ١٦٠٤ البراقين هما من النجوم فوق البراقة التى فى مجرتنا . ويثير هذا نوعاً من التهكم فى التاريخ الفلكى . إذ يظهر نجمان من النوع فوق البراق فى جيل واحد ، وهو الجيل الذى سبق مباشرة اختراع المنظار الفلكى المكبر ، بينما لا يظهر نجم واحد فوق البراق فى مجرتنا فى التسعة أجيال التى تلت ذلك .

وحتى المنظار الفلكى الصغير يستطيع التعرف على موقع النجم فوق البراق بدرجة أكثر دقة ، ويجعل عدم وجود البقايا أكثر احتمالا . وإذا ما كانت النجوم فوق البراقة قد ظهرت بعد اختراع المنظار الفلكى المكبر فإن الأمور كانت تكون أكثر بهجة لصغار الفلكيين السعداء .

وفى واقع الأمر أنه قد رصدت النجوم فوق البراقة منذ عهد كبلر نحو ٥٠ مرة فى جملتها ، ولكن فى المجرات الأخرى فقط ، بحيث كان البريق الظاهرى منخفضاً إلى الحد الذى لم يمكن من الحصول إلا على بعض التفاصيل القليلة .

ولقد ظهر أعظم نجم فوق البراق وأقربها إلينا منذ عام ١٦٠٤ فى عام ١٨٨٥ فى مجرة المرأة المسلسلة التى فى جوارنا . وقد بلغ قدره الظاهرى ٧ ٠ (لاحظ أنه لم يكن ظاهراً تماماً للعين المجردة ، وكما قلت سابقاً لا ترى بالعين المجردة إلا النجوم فوق البراقة التى فى مجرتنا أو فى سحب مجلان) . ولما كانت مجرة المرأة المسلسلة على بعد ٧٠٠٠٠٠ بارسك زادت قيمة القدر المطلق للنجم فوق البراق بمقدار بسيط فوق — ١٧ . ولقد بلغ بريقه عشر مقدار لمعان المجرة كلها التى تضمنته . ولما كانت مجرة المرأة المسلسلة أكبر بكثير من مجرتنا نحن ، أمكننا أن نقول إن هذا النجم فوق البراق قارب فى درجة لمعانه كافة نجوم الطريق اللبنى مجتمعة — لفترة على أية حال .

(وفى الحقيقة ترجع إلى لمعان هذا النجم غير العادى حقيقة أن الفلكيين تحققوا من وجود نجوم براقة يزيد بريقها آلاف المرات عما يشاهدون عادة ، ومن ثم بنيت فكرة النجوم فوق البراقة) .

حسناً الآن ، لقد مرنت المناظير الفلكية وآلات قياس الطيف على النجم فوق البراق الذى ظهر عام ١٨٨٥ ، ولذلك تمت دراسته بطريقة أسلم بكثير بالنسبة إلى النجمين الأكثر قرباً اللذين ظهرا عامى ١٥٧٢

و ١٦٠٤ ، إلا أن الفلكيين لم تكن قد اكتملت استعداداتهم بعد ؛ فلم يكن التصوير الفوتوغرافى قد استعمل فى أعمال التحليل الطيفى . ولو أن نجم عام ١٨٨٥ فوق البراق بقى ٢٠ سنة أكثر مما عاش ، أو لو أنه كان على بعد ٢٠ سنة ضوئية من الأرض (بحيث يستغرق الضوء عشرين سنة ضوئية ليصل إلينا) لأمكن تسجيل طيفه (فوتوغرافياً) ، وبذلك كانت دراسته تتم بالتفصيل .

حسناً ، ليس أمام الفلكيين غير الانتظار . . ومن المحتمل أن يوجد نجم فوق البراق فى القرن التالى وينفجر إما فى مجرتنا وإما فى مجرة المرأة المسلسلة ، والذين سوف يجيئون (والله يعلم ماذا سيظهر من مخترعات — ومن المناظير اللاسلكية كذلك) سيكونون على أهبة الانتظار ، على فرض بطبيعة الحال أن النجم فوق البراق الذى سيظهر بعد ذلك لا يكون عقيم الفائدة . وعلى أية حال فإن الفرصة تكاد تنعدم بسبب المعلومات القليلة التى تعرفها عن هذه النجوم فوق البراقة .

وحتى هذا لا يزال يثير موقفاً يدعو إلى الخوف والاضطراب فحواه مآل حال الأرض على حساب الشمس تحت مثل تلك الظروف — فإن الأرض سوف تتحول إلى غاز أو تروح هباء منثوراً إذا ما انفجرت الشمس .

ومع ذلك فهل نحن لا يهمنا غير الشمس ؟ فمثلا لنفرض أن (الفاقنطورس) هو الذى قرر الانفجار ، فى الواقع إذا ما صار (الفاقنطورس) نجماً براقاً عادياً ووصل إلى قدر مطلق يساوى — ٩ ،

فإن قدره الظاهرى سوف يكون , ١٣,٥ ، وبذلك يصبح ٢,٥ مرة فى مثل درجة لمعان القمر الكامل (البدر) . هذا كما يعطى منظر الحريق لتلك الفئة من سكان الأرض الذين يعيشون بعيداً إلى جنوب فلوريدا ومصر (سوف يكون ذلك مصدراً جديداً يجذب السائحين ، كما سوف يهاجر من يعيشون فى أقطار مثل الأرجنتين ، واتحاد جنوب أفريقيا وأستراليا ، لعدة شهور) .

أو بدلا من هذا كله ، لنفرض أن النجم الفا قنطورس كان من النجوم فوق البراقة ووصل قدره المطلق — ١٧ (من المستحيل أن يحدث ذلك تبعاً للنظريات الجارية ، ولكن دعنا على أية حال نسلم بصحة هذا الفرض) ، فإن قدره الظاهرى سوف يكون عندئذ — ٢١.٥ . مما يجعله ٤٠٠٠ مرة فى مثل قدر إضاءة القمر الكامل ، وفى واقع الأمر $\frac{١}{١٠٠}$ من قدر لمعان الشمس .

وسوف لا يكون هناك أى جزء من أجزاء الأرض يظهر الفاقنطورس فى سماء ليله تحت مثل هذه الظروف . فيصبح فى مقدورك أن تقرأ الجرائد كما تكون ظلا . أما عندما يظهر الفاقنطورس فى سماء النهار فإنه يظل مرئياً تماماً على هيئة نقطة ضوء واضحة البريق . وفى حالة صفاء السماء من السحب تكون ظلين . وفى الحقيقة أن الأرض تظل كوكباً لشمس مزدوجة خلال عدة شهور .

وسوف تزداد الطاقة الكلية التى تصل إلى الأرض (مؤقتاً) بمقدار يصل إلى ٠,٦ فى المائة . وربما يحدث هذا الرقم أثراً له قيمته على الطقس ،

فإن جزءاً كبيراً من إشعاعات الفاقنطورس سوف يكون على هيئة طاقة عالية ، ويلزم أن تلعب هذه الإشعاعات القصيرة دورها مع جو الأرض العلوي . وبالاختصار ، رغم أن الفاقنطورس قد لايعقد خطراً على الحياة على الأرض عندما يصير نجماً من النجوم فوق البراقة ، إلا أنه من غير شك سوف يجعل الأشياء ساخنة بالنسبة إلينا لفترة من الزمان .

١٤ ـ هنا يجيء ، وهناك يذهب

هناك إشاعة فى الخـــارج بأننى لا أقرأ على الإطـــلاق من الكتب إلا ما كتبت ، ولكن ما هذا القول بطبيعة الحال إلا خبر مبالغ فيه لمجرد التأثير ، فمثلاً قرأت حديثاً كتاباً اسمه (نحو عالمية متحدة) ، كتبه ريجنالد و . كاب (من مجموعة بيزك عام ١٩٦٠) ، وقد استمتعت بكل جزء منه كما أستمتع بقراءة كتاب من كتبى .

وهو يمثل منظراً للكون من حيث ابتداؤه وانتهاؤه ، بطريقة بلغت من الإمتاع والوضوح والإقناع الدرجة التى جعلتنى لا أستطيع مقاومة مناقشته . ومن واجبى أن أحذرك بأن جانباً مما سأقوله هو من كلامى، وليس من صياغة كاب ، وقد لا أعمد دائماً إلى التفرقة بين الكلامين .

ويعالج كاب أول الأمر مسألة أصل الكون، ويظهر على وجه العموم أن هذه الاختلافات فى المظهر ممكنة وغير مستحيلة .

فأولا قد لا يكون هناك أساس أو أصل على الإطلاق . فربما وجدت الطاقة والمادة التى فى الكون منذ الأزل أو اللانهاية . ويلغى هذا الافتراض ويعمل على إبعاد الانشغال بمسألة الخلق* إلا أنه يدخل مسائل أخرى . فمثلا لماذا نجد الكون نشيطاً فى حالته الراهنة ؟ فالنجوم تتكون

---

* يلاحظ أن العلم الطبيعى يبدأ دائما من نقطة معينة من حالة الوجود ولا يتعرض لمسألة الخلق من العدم ، وهذه ناحية تعيب العلم الطبيعى . (المترجم)

وتحول غاز الأيدروجين إلى غاز الهيليوم ، ومن ثم تتحول تدريجاً إلى أقزام بيض (بمرورها أحياناً على مرحلة النجم البراق أو فوق البراق خلال هذه المرحلة) . وإذا ما كان هذا هو الحال خلال اللا نهاية ومنذ الأزل ؛ فلماذا لم تصل كميات الأيدروجين التى تتحول بمقادير عظيمة ، وكافة النجوم التى طالما تفجرت أو احترقت ، وجميع الأقزام البيض نفسها التى تختزل ، إلى أجرام سود ؟ وبالاختصار لماذا لم يصل الكون إلى حالة النهاية العظمى لدرجة التعادل أو قمة (الانتروبى) ؟

ومن بين المشكلات التى لم يذكرها كاب ، وقد سبق أن اقترحتها مرة هى : حالة النهاية العظمى لدرجة التعادل هى حالة مصادفة ، ومن ثم لمجرد تحرك الجسيمات حسبما اتفق فى مثل هذا الكون يمكن أن تتوافر حالة من النظام الجزئى ، تماماً كما يحدث عندما (نفنط) ورق (الكتشينة) مدة كافية فإنه يجوز أن تحصل لمجرد المصادفة المطلقة على عشرة (البستونى) فى صف واحد . وقد يمثل الكون النشيط حالياً مثل هذا الوضع الذى يوجد فيه النظام جزئياً ، أو جانباً من النظام المختزن الذى يسير فى سبيله إلى درجة التعادل المطلق . وعندما يتم ذلك يتوافر وقت ينعدم فيه النظام دون شك حتى يظهر كون آخر ربما يكون منظماً إلى حد أعلى وأكبر بكثير ، بالنسبة لكوننا الحالى ، أو هو ربما يقل فيه النظام ، وهلم جرا . . . .

وثمة طريقة أخرى أسهل للخروج من المأزق ، هى أن نفترض أن الكون لا نهائى من حيث الحيز أو القدر ، وعلى ذلك فمن الطبيعى

أن يستغرق زمناً لا نهائياً ليتحول عالمنا اللانهائى هذا فيصل إلى درجة قصوى من درجات التعادل . ولكن مثل ذلك إنما يركب لانهاية على أخرى ويدخلنا فى مسائل جديدة .

والفرض العام الثانى لأصل الخليقة أن مادة وطاقة الكون إنما تم خلقها كلها مرة واحدة فى زمن معين فى الماضى . ولقد شاع هذا النوع من المذهب الخاص بأصل الكون وسلم به الكثيرون خلال العشرينيات من هذا القرن . عندما وجد أن المجرات تسرع متباعدة بعضها عن البعض بمعدل يتزايد على الدوام بازدياد مسافاتها أو أبعادها .

وعندما نتتبع المادة إلى الوراء إلى حيث الماضى ، على غرار تمرير شريط سينمائى إلى الخلف . نجد أن كافة المجرات تتقارب ثم تتجمع إلى كتلة ضخمة واحدة من المادة هى « البيضة الكونية » التى تعتبر فى التاريخ مبدأ الكون .

وهنا تظهر فروض ثانوية عديدة : فإما أن البيضة الكونية خلقت من لا شىء ثم راحت تتمدد فى الحال . وإما أنها انفجرت بعد فترة من الاستقرار . أو على عكس ذلك كانت البيضة الكونية هنالك على الدوام ولكن حدث أن انفجرت فى زمن خاص . وعلى أية حال . مرت أوقات معينة عندما حدث الخلق أو حدث الانفجار . أو حدث كل منهما معاً . ولكن ماذا كان من أمر ذلك الوقت أو تلك الفترة من خصائص معينة لينجم عنها هذا الحادث المعين؟ للإجابة على ذلك يجب أن يغطى بعض الفروض الإضافية . (ومن أمثال هذه الفروض التى شاعت خلال فترة طويلة

من الزمان التفسير العقائدى أو الدينى المعروف للجميع الخاص بالخلق) .

ومع ذلك فثمة احتمال مماثل . فحواه أن الكون يتقلص أولا ليكون بيضة كونية ، ثم يتمدد إلى حد ما . ثم يعود مرة أخرى إلى التقلص وهلم جرا . . . وفى مثل هذا « الكون المتذبذب » تبلغ فترة الدورة العظمى تقريباً إحدى الذبذبات المتناهية . وهو أمر غير عادى لمجرد أن الفترة هى النهاية القصوى. وعلى أية حال فما هذه الفكرة إلا احتمال ثانوى لنظرية الكون الخالد . وتتضمن المسألة التى سبق ذكرها فى هذا الصدد .

وعلى ذلك فكل من النظريتين المتباينتين إنما تتضمن بالنسبة إلى ابتداء الكون فرضاً أساسيا يجب أن تضاف إليه فروض أخرى . على غرار درجة التعادل التى تتراجع إلى الخلف من آن إلى آخر ، أو كون ينكمش فى حلقات دورية ، أو كون لا حدود لاتساعه (لا نهائى) .

والآن يشعر كاب بأن الحاجة إلى إضافة فروض أخرى إنما تضعف النظرية الأصلية . وهو يحبذ استخدام حازم « لشفرة أوكام » . وهى وجهة نظر تقول بأنه نظراً لتساوى كافة الأشياء ، فإن تلك التفسيرات التى تعمل للظواهر المختلفة يلزم أن يوافق عليها ما دامت تتضمن أقل الفروض . فمن اللازم محو الفروض الإضافية (أو كشطها) ، ومن هنا جاء اسم « الشفرة » الذى استخدم فى التعبير ، بينما « أوكام » أصلها من المدرسة (أو الاسكولائية) الإنجليزية فى القرن الرابع عشر لوليم من منطقة أوكام (أو أوكهام) الذى عمم استخدام وجهة النظر هذه بقوله : « ليس من الضرورى أن تتضاعف الذاتية أو تتضاعف الوجودية » .

وعلى ذلك فإن كاب إنما يبحث عن نوع ثالث من الآراء والنظريات التى لا تحتاج إلى فروض إضافية ، وفحوى هذا الرأى أن الخلق يحدث بالفعل (مع تجنب الوجود الأبدى الذى يناقض ذلك) ولكن من غير وقت معين بالذات (مع تجنب مناقضة الخلق دفعة واحدة) . وفى معنى آخر أنه فى أية لحظة ما من الزمان وفى أية نقطة ما من حيث المكان يمكن أن يخلق جسيم من المادة . ليس عن طريق الطاقة ، ولكن أذكرك أن ذلك يتم عن لا شىء .

وبالطبع قد تتساءل لماذا يحدث مثل هذا الخلق ؟ إلا أنه لا توجد حاجة للإجابة عن هذا السؤال ، فأصل هذا الخلق الذى يحدث كيفما اتفق من حيث الزمان والمكان إنما هو مجرد فرض أو رأى ، ولا يزيد فى ذلك على الفروض القائلة بأن طاقة المادة وجدت دائماً . أو أنها خلقت كلها دفعة واحدة .

ويؤيد كاب ويعضد أن مذهب « الخلق المستمر » لا يتضمن فروضاً أخرى ثانوية من أجل تحقيقه ، وأنه عن طريق « مبدأ أقل الفروض » (وهو الاسم الذى استخدمه بدلا من شفرة أوكام) يجب، على الأقل ، إلى أن يعمل تنبيه آخر ، أن يقبل على أنه أكثر الأوصاف احتمالا لحالات ابتداء الكون .

وحديثاً عمد كل من ﻫ . بوندى وتوماس جولد ، وعلى الأخص فرد هويل ، إلى نشر نظرية الخلق المستمر هذه بين الناس وتعميمها ، إلا أنه يلوح أن فضل السبق لكاب ، فأقل ما فى الأمر أنه نشر مقترحاته

أول مرة عام ١٩٤٠ ، بينما لم يقدم هويل والآخرون على نشر هذا الموضوع قبل عام ١٩٤٨ .

ويثير مبدأ الخلق المستمر عدة أسئلة طريفة وهامة : فأولا ما هى السرعة التى تسير بها عملية الخلق ؟ وما هو المعدل الذى تخلق به المادة ؟ ولا يعمد كاب للخوض بشخصه فى مثل هذه الموضوعات ، ولكنه يذكر تقديراً عمله و. ه . ماك كرى (نشر لأول مرة عام ١٩٥٠) يقول فيه إن ٥٠٠ ذرة من الأيدروجين تتكون فى كل كيلو متر مكعب فى السنة .

وإذا ما كان الأمر كذلك . فإن مقدار المادة الجديدة إنما يتكون بمعدلات طفيفة غير محسوسة . ولتوضيح هذا الأمر اعتبر الحجم الكلى للأرض يساوى ١,١ × ١٠^١٢ كيلو متراً مكعباً ، وعلى ذلك فإن مقدار الأيدروجين الذى يخلق داخل جسم الكوكب خلال عام بأكمله يساوى ٥,٥ × ١٠^١٤ ذرة . فإذا ما افترضنا وجود الأرض منذ أربعة بلايين سنة على هيئة جسم صلب (رغم أن الكون فى جملته ليس له وقت معين ابتدأ منه ، إلا أن الأرض دون شك لها فترة ابتداء خاصة) ، كما افترضنا أنها شغلت نفس الحجم خلال هذا الزمن كله ، نجد أن عدد ذرات الأيدروجين التى تم تكوينها فى الأرض منذ لحظة وجودها إلى الآن هو ٢,٢ × ١٠^٢٤ .

ويعنى هذا القدر ما يربو على ضعف تريليون التريليون من الذرات . وقد يبدو هذا القدر كبيراً فى مظهره ، إلا أن حقيقة أمره هى ٣,٦ جرامات ، أو أقل من ١/٧ أوقية . وإنى لأظنك سوف توافق على أن هذه الإضافة

إلى كتلة الأرض لن تلحظها أو تشعر بها حتى أدق آلاتنا ومعداتنا التى يعمل بها خلال تاريخ الأرض بأكمله .

وعلى أية حال فإن القدر الكلى للمادة التى تخلق بهذه الطريقة كبير . فإذا ما أخذنا كرة من الفضاء قطرها بليون سنة ضوئية (ومثل هذا الحجم أصغر من غير شك من حجم الكون المرئى) ، فإن حجم هذه الكرة إنما يبلغ ٤ × ١٠^٦٦ كيلو متراً مكعباً . وعلى ذلك فإنه خلال عام واحد يساوى عدد ذرات الأيدروجين التى تتكون فيها ٢ × ١٠^٦٩ ذرة . ويمكن استخدام هذا العدد من ذرات الأيدروجين فى عملية تكوين ما يربو على تريليون نجم على غرار نجومنا . أو نحو عشر مجرات يبلغ حجم كل منها حجم مجرتنا بالذات . وعلينا بالطبع ألا نستهين أو نغض النظر عن طريقة تخلق من المادة ما يكفى لتولد عشر مجرات كل سنة .

ولكن ما الذى يخلق؟ إن نسبة الأيدروجين فى الكون تبلغ ٩٠ فى المائة . وأغلب ما يتبقى هو غاز الهيليوم الذى تكون أصلاً فى مراكز النجوم نتيجة التفاعلات النووية الحرارية . ويلوح أنه من المقبول عقلا إذا لم تكن النجوم فى أوج نشاطها لكان كل ما فى الكون هو غاز الأيدروجين وحده ، وذرته أبسط الذرات على الإطلاق . فهلا يبدو من المعقول أو المقبول أن الإيدروجين (كما يقول ماك كرى) هو الذى يتكون على الدوام ؟ .

والمشكلة أن ذرة الأيدروجين فى حد ذاتها ذرة مركبة ، إذ تحتوى على بروتون واحد وإلكترون أو كهرب واحد . فهل هما يخلقان منفصلين؟ وهل يعنى ذلك أن هنالك نوعين من الخلق يتمشيان معاً بحيث يتساوى عدد البروتونات مع عدد الكهارب المخلوقة ؟

ويعمد كاب إلى استهجان الفكرة بأن يرفض التحديد الدقيق لطبيعة المادة التى تخلق . وإننى شخصياً أغامر بأن أقترح أنه قد يكون النيوترون. وسريعاً ما يتحلل النيوترون على مجرى الطبيعة ليكون البروتون والإلكترون (ونيوترينو مضاد سوف نهمله ولا نهتم بأمره) وبنفس السرعة التى يتكون بها النيوترون تقريباً يتحد البروتون والإلكترون الناتجان عن النيوترون ليكونا ذرة من ذرات الأيدروجين .

ولكن لماذا تخلق النيوترونات ولا تخلق النيوترونات* المضادة ؟ بالنسبة إلى لا يبدو توافر سبب ما يؤيد فرصة أو احتمال خلق أى جزىء معين يزيد على فرصة أو احتمال خلق الجزىء المضاد المقابل له .

ومهما يكن من أمر كيفية الخلق ، وسواء أكان السبق لخلق ذرات الأيدروجين ، أم للنيوترونات ، أو جسيمات غير معروفة إلا أنها أكثر أهمية من حيث الأساس ، يلوح لى أنه على أساس المصادفة البحتة يجب أن تتكون المادة والمادة المضادة بكميات متساوية القدر . وأكثر من ذلك يجب أن يتم تكوينهما مختلطين حيثما اتفق عبر الزمان والمكان . وبعد ذلك يتم التفاعل بين المادة والمادة المضادة لتكونا عالما محتوياً على طاقة فقط . وليس فى كتاب كاب ما يعيننى على حل هذا المشكل .

ولكن دعنا نطرح هذا جانباً ونتم حديثنا .

يستمر كاب مرة أخرى فى معالجة النهاية الأخيرة للكون ، فيعمد إلى صياغة كل وجهات النظر فى فروض ثلاثة متباينة : فأولا ؛ إن مادة وطاقة

---

* البروتون موجب الشحنة والإلكترون سالبها فى عالمنا هذا ، فإذا ما حدث العكس سميت الوحدة نيوترونامضادا أى إن وحدتيه معكوستا التكهرب . (المترجم)

الكون سوف تبقيان على الدوام فى المستقبل، وثانياً؛ إن كل شيء سوف ينتهى فى الحال فى زمن معين، وثالثاً؛ إن كل الجسيمات سوف تنعدم من الوجود حيثما اتفق فى أى زمان وأى مكان .

وعندما استخدم نفس سبل التعليل السابق، نجده يحبذ الاحتمال الثالث. ومرة أخرى لا أجد سبيلاً إلى مقاومة هذا الرأى وأشعر بدفع قوى لمسايرته .

وعلى ذلك فإن كاب عند ما قدر عمليات الخلق المستمر إنما ذهب إلى ما هو أبعد من ذلك بافتراض وجود عمليات الإفناء المستمر أيضاً . وقد أطلق على العمليتين معاً اسم «فرض تجانس عدم دوام المادة» ،أى إن المادة غير دائمة فى تاريخها الماضى والمستقبل ونفس الطريقة الإحصائية .

وإذاً فبالنسبة إلى أى جسيم من المادة لا يختلف الوضع عن حالة أنه، « هنا يجيء وهناك يذهب » .

وإذا ما كانت المادة تخلق ثم تفنى باستمرار فإنه يوجد احتمال تمشى العمليتين بمعدلين متساويين، بحيث يظل القدر الكلى للمادة والطاقة فى الكون ثابتاً ، رغم أن معالم الجسيمات المتفردة تتغير على الدوام (وعلى ذلك فنحن نعيش فى « كون مستقر الحالة ») .

ولكن يلوح أن الأمر ليس كذلك ، على الأقل فيما يتعلق بالوجود الراهن للكون ، فإن خلق جسيم مادى إنما يخلق كذلك زيادة فى المكان ، بينما انعدام الجسيم يفنى أية زيادة فى المكان (المكان من وجهة النظر هذه ليس هو مجرد فضاء يضم المادة وأكداسها أو يحتويها ، وإنما جزء متكامل منها ، كالكتلة تماماً ، يجيء مع المادة ويذهب معها) .

ولما كان من المشاهد أن الكون يتمدد ، فإنه يلوح أن هذه الظاهرة تستلزم أن تفوق عمليات خلق المكان وتربو على عمليات إفنائه . ويظهر أن ماك كرى عين المعدل الذى تخلق به المادة عن طريق حساب حجم الفضاء الذى تجب إضافته إلى الكون لنفسر معدل التمدد الذى نشاهده .

ونحن عندما نقبل اقتراح كاب الخاص بالخلق المستمر ، فإن ذرات الأيدروجين التى تتكون (كما يقول ماك كرى) ليست هى كل ما يخلق ، وإنما تمثل فقط زيادة ما يتم خلقه على ما يتم فناؤه .

ومهما يكن من شىء ، فعلى غرار السؤال الخاص بالتوازن بين موضوع الجسيم والجسيم المضاد الذى يلوح لى أنه نقطة ضعف فى فرض الخلق المستمر ، فكذلك يوجد سؤال من نوع آخر يحيرنى بخصوص عمليات الإفناء المستمرة .

ويذكر كاب نفسه أنه فى العادة يفنى وحدة جسيم بمفرده من مكونات نواة متعددة الوحدات . وهذا يمكن أن يجعل بسهولة ما يتبقى من النواة فى حالة نشاط إشعاعى . فإذا (باستخدام مثال اخترته بنفسى) ما فنى أحد نيوترونات نواة آرجون — ٤٠ فجأة ، تتكون مادة الأرجون — ٣٩ العظيمة النشاط الإشعاعى . وبدلا من ذلك إذا ما كان لابد أن يختفى أحد البروتونات تظهر المادة الأكثر والأكثر نشاطاً إشعاعياً وهى كلورين ٣٩ .

وفى هذه الحالة نجد أن إفناء المادة من نوع نقى من آرجون — ٤٠ يجب أن يكون ملحوظاً ، حتى ولو تم بمعدل منخفض إلى أقصى حد ،

وذلك عن طريق ظهور النشاط الإشعاعى . وعلى أية حال فإنه لا يمكن ملاحظة النشاط الإشعاعى لآرجون — ٤٠ .

وعلى ذلك استنتج كاب أن أصغر جسيم يمكن أن يدخل فى عملية الخلق هو نواة الذرة التى يجب أن تظهر ككل . وإذا ما كان الأمر هكذا فإنه لا يمكن ملاحظة الفناء المستمر إلا عن طريق اختفاء الكتلة* ، وهذه ظاهرة أكثر صعوبة إلى حد كبير خصوصاً عندما تقاس على مثل تلك المستويات المتناهية الصغر ، وذلك بالنسبة إلى الإشعاع الظاهر .

ولكن هذا يعنى أن المائتى بروتون ونيوترون (بالإضافة إلى الميسونات ومن يدرى ماذا كذلك) فى النوى المعقدة كنوى الزئبق أو اليورانيوم يجب أن تختفى كلها دفعة واحدة بعضها مع البعض .

لماذا ؟

تجىء الجسيمات فرادى ، وإذاً فلماذا تذهب فى جماعات ؟ وما الذى يحفظها متزنة الخطا تماماً ؟ وهل تجمعها عن كثب بعضها مع بعض داخل النواة يجعلها كلها جسيماً واحداً من وجهات نظر معينة ؟ هل نحن لا نحتاج إلى فروض إضافية هنا ، وهل هذا لا يضعف الفروض الخاصة بعمليات الفناء المستمرة من وجهة نظر شفرة أوكام ؟

والآن ، رغم أن الكون قد يرى زيادة عامة فى الخلق تفوق الفناء ، لا يلزم أن يكون ذلك هو الحال بالنسبة لجزء معين صغير من الكون . فالخلق يحدث فى أى مكان فى الزمان والمكان كيفما اتفق ، بحيث

* الكتلة هى مقدار ما جمع فى الجسم من مادة وتركز فى النوى . (المترجم)

إن الكيلومتر المكعب الخالى بحق من المادة (كما هو الحال فى الفضاء السائد بين المجرات) ، والكيلومتر المكعب الملىء بحق بالمادة (كما هو الحال فى مركز أحد الكواكب) إنما يشاهدان عمليات خلق بمعدلات متساوية . وبمعنى آخر فإن الخلق ما هو إلا مجرد تكوين الحجم .

ومن ناحية أخرى أن الفناء إنما يعتمد على الجسيمات الموجودة فعلاً ، ولذلك فإنه يكاد ينعدم الفناء فى تلك الأرجاء من الفضاء الخالية تماماً من الجسيمات نظراً لعدم وجود ما يباد . أما فى المناطق الأخرى التى توجد فيها الجسيمات على أية صورة فإنه يوجد العديد من عمليات الإبادة نسبياً . وبالاختصار فإن الفناء هو دالة من دوال الكتلة فقط (أى يعتمد ويقوم عليها) .

وعلى ذلك فحيثما تتكدس مقادير عظيمة من المادة فى حيز صغير نسبياً ، كما هو الحال فى أى كوكب ، يفوق الإفناء الخلق ، وينجم عن ذلك تقلص أو انكماش الكون محلياً . أما حيثما توزع مقادير قليلة من المادة على حجوم كبيرة فإنه يحدث العكس ويربو الخلق ويزيد على الفناء بحيث يحدث تمدد محلى للكون . وعلى وجه العموم ، كما سبق أن قلت ، إننا نجد أن التمدد ترجح كفته بالنسبة إلى الانكماش أو التقلص .

والآن ، لنأخذ مجرتين متجاورتين ، فالذى يوجد بينهما هو مجرد فراغ متسع خال حقاً من المادة ، وعلى ذلك فإن ما يحدث فى هذا الفراغ هو خلق الجسيمات المادية على الدوام بمعدلات تفوق عمليات الإفناء

مما يؤدى إلى تمدد الفضاء وتباعد المجرتين بعضهما عن البعض . (ليس سبب التباعد هو حركة المجرتين ولكن تراكم الفضاء الذى بينهما ، إذا استطعت أن تصور الفرق الواضح) .

ورغم أن الفضاء يوجد مع المادة وهو جزء منها ، فإن المادة بمجرد أن تخلق تستطيع أن تتحرك فى الفضاء تحت تأثير قوى الجاذبية ، بحيث تتزاحم فى بعض المناطق تاركة مناطق أخرى خالية من المادة إلى حد لم يسبق أن وصلت إليه . وفى هذه الحالة تتحرك الجسيمات المتكونة فى الفضاء ببطء تجاه المجرة التى لها قوى جاذبية أكبر عند تلك المنطقة من الفراغ .

وعلى أية حال ، إنه يوجد نوع من هضبة الجاذبية فى منتصف الطريق بين المجرات (بفرض أنها متساوية فى الكتلة) ، تتحرك الجسيمات على جانبيها بدرجة تبلغ من البطء الحد الذى يجعلنا نعتبرها عديمة الحركة تماماً .

وكلما تباعدت المجرات بعضها عن بعض اتسعت رقعة هذه المنطقة المتوسطة الواقعة بينها والتى لا تكاد تتحرك فيها الجسيمات ، وتكون النتيجة أنها تبدأ فى التراكم أو التزاحم ، ومن ثم تكون لها مجالا للجاذبية بمرور الوقت ، ويقوى هذا المجال إلى الحد الذى يجعلها تتماسك بعضها مع بعض ضد جذب المجرات البعيدة وتعمل عمليات التضاغط على تقوية مجال الجاذبية ، وتبدأ الكتلة الجديدة الآن فى جذب الجسيمات التى على جانبيها والتى كانت ستجذبها المجرات الأخرى .

وبالاختصار تتكون مجرة جديدة .

ولقد حسب كاب أن الكون يتمدد بمعدل يؤدى إلى تكوين مجرة جديدة بين كل مجرتين قديمتين متجاورتين بعد أن تتباعد هاتان المجرتان خلال فترة من الزمان تزيد قليلا على ثلاثة بلايين ونصف بليون سنة ويستمر الفضاء الذى بين المجرة الجديدة وكل من المجرتين المجاورتين لها فى الازدياد . وبعد مضى ثلاثة بلايين سنة ونصف بليون سنة أخرى تتكون كذلك مجرتان جديدتان بينها وبين كل من المجرتين المجاورتين لها .

وفى الحجم الذى يشغله أى جزء من المادة الكثيفة ، مثل وزن جرام أو كوكب ، نجد عدد عمليات الإفناء تفوق إلى حد كبير عدد عمليات الخلق ، وبذلك تستمر كتلة المادة فى النقص . ولما كان الفناء يحدث على معدل حيثما اتفق على الإطلاق ، كما هو الحال فى التناقص الناجم عن النشاط الإشعاعى ، فإن فكرة « نصف العمر » لها كيانها . أى إنه ، بعد فترة ثابتة من الزمان ، يكون من اللازم أن تتقلص كتلة معينة من المادة إلى مثل نصف حجمها الأصلى . وبعد مضى فترة أخرى من مثل تلك الفترة السابقة يتقلص الباقى إلى نصف ما هو عليه وهلم جرا .

ولقد استنتج كاب بعد استخدام عدة سطور من الإقناع بأن فترة نصف حياة المادة هى على وجه التقريب ٨٠٠,٠٠٠,٠٠٠ سنة ، وهى فترة صغيرة إلى حد يثير الدهشة . ومعنى ذلك أن نحواً من ٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ من نوى الذرات* إنما تعانى عمليات الإفناء

* النوى جمع نواة وهى التى تحتل مركز الذرة . (المترجم)

من جسمك فى كل ثانية . ولا يبلغ هذا القدر من السوء الدرجة التى تبدو من هذا الرقم . وبالطبع لما كانت كتلة هذا العدد من النوى تقل عن جزء واحد من ثلاثين تريليون جزء من الأوقية ، فإن هذه العملية تتم من غير أثر ظاهر أو ملحوظ .

ومهما يكن من شيء فإن النتائج فى علمى طبقات الأرض (الجيولوجيا) والفلك هى على جانب كبير من العنف. فإن كاب يذهب إلى أن أى جسم ضخم مثل النجم قد يعمد إلى إنجاز تقلصه عن طريق جميع المادة الموجودة بين النجوم بوساطة قوى الجاذبية . ولهذا السبب يجوز أن يعانى النجم فقط انكماشات صغيرة جداً كحصيلة لما يجرى ، أو حتى إذا ما كان على قدر كبير من الكتلة قد يزداد حجماً .

والجسم الأصغر الذى يقع فى ظل النجم — إذا صح هذا التعبير — لا تتوافر له فرصة جمع المادة ، بل وقد تنعدم مثل هذه الفرصة ، لأن النجم إنما يفوز بنصيب الأسد فى هذه العملية نظراً لمجال جاذبيته القوى . وهكذ تقل كتلة الجسم الأصغر ، وكلما ازداد صغراً قارب معدل نقص كتلته نصف الحياة للمادة . وإذا ما كان الجسم كبير الحجم فإن جاذبيته سوف تعمل على حفظه متماسكاً أو محكماً ، بحيث يقل حجمه أو هو ينكمش كلما قلت مادته .

وفى الحقيقة خرج كاب بنظرية خاصة بتكوين المجموعة الشمسية فجعلها نتيجة انكماش مثل ذلك الرفيق الصغير لشمسنا ، وأيد أن

ما تبقى من ذلك الرفيق الصغير هو ما نطلق عليه اليوم اسم الكوكب المشترى .

وفى الوقت الحاضر تبلغ كتلة المشترى أقل بقليل من جزء من ألف جزء من كتلة الشمس ، وهى على وجه التحديد ٠,٠٠٠٩٥ منها . ولنفرض أننا نعتبر أن المشترى كان ينكمش بمعدل يتوقف على ما قدره كاب من نصف عمر المادة ، بينما ظلت الشمس تحتفظ بكتلة ثابتة . فإذا ما كان الأمر كذلك فمنذ نحو ثمانية بلايين سنة مضت كان المشترى فى مثل كتلة الشمس تماماً . ولما كانت نظرية كاب الخاصة بتكوين المجموعة الشمسية تقرر عند الابتداء وجود رفيق أقل كتلة من الشمس إلى حد كبير ، فإن عمر المجموعة الشمسية لابد أنه أقل بكثير من ثمانية بلايين سنة .

وهكذا الوضع من كافة وجوه الاحتمال . ويبلغ أكثر التقديرات شيوعاً لعمر المجموعة الشمسية خمسة بلايين سنة ، وأنه فى الماضى القديم لابد أن بلغت كتلة المشترى ٠,٠٧٨٨ (نحو جزء من ثلاثة عشر) من كتلة الشمس ، وهذه كتلة معقولة بالنسبة إلى نجم صغير .

ولابد أن الكواكب ، ومن بينها الأرض ذاتها ، تتقلص كذلك . ومن وجهة النظر هذه لابد أن الأرض قد انكمشت إلى حد كبير خلال العصور الجيولوجية .

وإذا ما كانت الحياة قد بدأت منذ بليونين من السنين ، فلابد أنها بدأت على أرض كانت كتلتها تعادل ٥,٦ مرة قدر كتلتها الحالية ، كما

كان قطرها ١٤٠٠٠ ميل . ومنذ ٦٠٠ بليون سنة مضت خلال تلك الفترة التى عثر فيها على أول الحفريات كانت كتلة الأرض لا تزال ١,٧ قدر كتلتها اليوم ، كما بلغ قطرها ٩٥٠٠ ميل . ومنذ ١٥٠ مليون سنة مضت عندما أينعت الديناصورات* كانت كتلة الأرض ١,٢ قدر كتلتها اليوم ، كما كان قطرها ٨٥٠٠ ميل .

وبالطبع لا يزال هذا الانكماش مستمراً . وبعد نحو ٢½ بليون سنة لن تزيد كتلة الأرض عن كتلة المريخ كما نعرفه اليوم ، وعندئذ يكون أغلب غلافها الجوى قد تلاشى وذهب ، وكذلك الحال مع أغلب محيطاتها . فيالها من صورة كئيبة .

ومن بين كافة مقترحات كاب أجد فكرة الأرض المتقلصة أكثر الأفكار صعوبة للازدراد ، فإن ما أحب أن أراه هو جانب من الأرصاد التى تمثل دليلا واضحاً ملموساً يحبذ أو يناقض مثل هذا الانكماش .

وأكثر الوسائل وضوحاً هى أن نعمد إلى قياس قوى مجال جذب الأرض ، ثم نلاحظ ما إذا كان يتناقص ببطء بمضى الوقت . ولسوء الحظ سنجد أن هذا التناقص يبلغ من البطء حداً كبيراً جداً . فعجلة تساقط أى جسم تحت حالة قياسية أو عيارية هى الآن ٩٨٠,٦٦٥سم فى الثانية . ولو كان كاب صائباً فيما ذهب إليه فإنها سوف تتناقص إلى ٩٨٠,٦٦٣ فى عام ٢٢٥٠ ميلادية . ولكن ثلاثة قرون إنما تعنى الانتظار

* جمع ديناصور وهى الحيوانات الضخمة التى تربعت قديماً على عرش مملكة الحياة .
(المترجم)

مدة طويلة لتناقص جزء واحد من نصف مليون جزء .

وعلى أية حال فقد فكرت (وأنا أغتفر لكاب مسئولية هذا الرأى) فى طريقة للوصول إلى حل لهذا السؤال الآن فى الحال .

فلو أن أبعاد أحد الحيوانات تضاعفت مرتين فإن كتلته (التى تتوقف على حجمه) سوف تزداد متناسبة مع مكعب الازدياد فى أبعاده ، أى تصبح ثمانية أمثال قدرها الأصلى . ومن ناحية أخرى نجد قوى تماسك التكوين أو التركيب (التى على غرار عظام الأطراف) تزداد متناسبة فقط مع المقطع العرضى ، أى تصبح أربعة أضعاف قيمتها الأصلية .

ولهذا السبب يجب أن تكون للحيوان عظيم الكتلة سيقان أكثر سمكاً حتى تتمشى مع حجمه بالنسبة إلى حيوان صغير . فأرجل الفيل أكثر سمكاً بالنسبة إلى حجم جسمه إذا ما قورنت بأرجل الفرس ، التى نجدها بالتالى أكثر سمكاً بالنسبة إلى ما عليه أرجل الفأر ، وهذه بالتالى أكثر سمكاً مما عليه أرجل البعوضة .

ولو أن حيواناً فى مثل حجم وشكل الفرس عاش فى عالم له قوى جاذبية أكبر مما على الأرض لكانت له سيقان غليظة إلى حد ملحوظ بالنسبة إلى ما للفرس الآن . أما إذا عاش فى عالم له جاذبية أصغر لكانت له سيقان أرفع من سيقان الفرس .

والآن عندما كانت الديناصورات فى أوج حياتها كانت كتلة الأرض ١,٢ مرة قدر كتلتها اليوم حسب نظرية كاب . وعلى ذلك فإن العظام

الحفرية التى عندنا الآن يلزم أنها كانت ١,٢ مرة من حيث الكتلة عندما كانت تعيش تلك الديناصورات ، فإن قوى جذب الأرض للديناصورات هى ١,٢ × ١,٢ أو نحو مرة ونصف قدر ما نتوقعه من حجم الكوكب والحفرية اليوم . فالحفرية التى نقدر أنها تمثل ديناصوراً تحت الظروف الحالية وزنه ٤٠ طناً إنما يمثل فى واقع الأمر ديناصوراً وزنه ٦٠ طناً (وفى حالة الكائنات الأولى التى عاشت على الأرض ، التى على غرار الأمفيبيا ذات الأذرع التى عاشت منذ ٣٠٠ مليون سنة مضت كانت الأمور أكثر تعقيداً والخلاف أبعد أثراً) .

والآن يعمل الضغط الذى تحت سطح الأرض على حفظ الحفريات متضاغطة ، ومن اللازم أن يكون تقلص الحفريات متمشياً تماماً مع اختفاء الكتلة بحيث تبقى كل نسب العظام أو القشور كما كانت على أصلها . فهل يستطيع عالم الحفريات إذاً أن يخبرنا من هذه النسب عما إذا كانت العظام أكثر صلاحية لحمل كتلة قدرها ٦٠ طناً بدلا من ٤٠ طناً أو العكس ؟ يلوح لى أن هذا يجب أن يكون ، ولكن هل هناك عالم حفريات فى الدار ؟

الجزء الرابع

العقل الإنسانى

١٥ ـ تلك الأفكار الجنونية

كثيراً ما سئلت (وأنا على يقين من أن الآخرين غيرى ممن كتبوا قصصاً خيالية علمية فى أزمانهم قد سئلوا مثلى) : من أين تجىء بأفكارك الجنونية ؟

وخلال الأعوام ، هبطت إجاباتى التى كانت تتسم بالخلط المداهن المتملق إلى هزة كتف ، ثم إلى ابتسامة ضعيفة ، والواقع أننى لا أعرف ، ونقص المعرفة هذا لا يقلقنى فى حقيقة الأمر ، ما دامت الأفكار تجيئنى وتترى على عقلى .

ولكن منذ وقت قصير مضى ، اتصلت بى مؤسسة تجارية استشارية ، منشغلة بمشروع للحكومة ، معقد عميق تغلب على طابعه الجدية ، ويتناول بالدراسة عصر الفضاء .

إن ما احتاجوا إليه — فيما يبدو ، لكى يتموا مشروعهم بنجاح — اقتراحات جديدة ، ومبادئ حديثة مروعة ، ونفاذ ذهنى ، ولكى نضع هذا كله فى عبارة حسنت صياغتها نقول « لقد احتاجوا إلى أفكار مجنونة » .

ولسوء الحظ ، لم يعرفوا كيف السبيل إلى الحصول على أفكار مجنونة ، ولكن بعضاً منهم كان قد قرأ قصصى الخيالية العلمية ، ولذلك بحثوا فى دليل التليفونات عن رقم تليفونى لكى يسألونى أسئلة خلاصتها : « دكتور

اسيموف ، من أين تجيء بأفكارك المجنونة ؟ »

وآسفاه ، مازلت غير عارف ، غير أنه لما كانت مهنتى هى التأمل ، فأنا على استعداد تام أن أفكر فى المسألة وأن أشارككم أفكارى .

والسؤال الذى أمامنا ، إذن هو : كيف يمضى الفرد نحو خلق مبدأ علمى أو ثورى جديد أو نحو ابتكاره ، أو رؤيته أو الوقوع عليه ؟

على سبيل المثال — إذا أخذنا مثالا منتقى بتأمل وأناة — كيف حدث أن فكر دارون فى التطور ؟

لنبدأ بعام ١٨٣١ ، حين كان شارلز داروين فى الثانية والعشرين ، انضم لبحارة سفينة تسمى « البيجل » أو « كلب الصيد » Beagle وكانت هذه السفينة تقوم برحلة بحرية حول العالم لمدة خمسة أعوام لارتياد الشواطئ على اختلافها ولزيادة معرفة الإنسان بالجغرافية ، ولقد صحب داروين هذه الرحلة كعالم طبيعى للسفينة ، لدراسة أشكال الحياة فى الأماكن النائية .

ولقد قام بهذا العمل فى شمول وإجادة وبعد عودة السفينة كتب داروين كتاباً عن خبراته (نشر عام ١٨٤٠) ، أذاع شهرته وفى مسار رحلته قادته ملاحظات عديدة إلى نتيجة هى أن أنواع الكائنات الحية تغيرت ونمت ببطء مع الزمن ، وإن أنواعاً جديدة جاءت من سلالة أنواع قديمة . ولم يكن هذا فى حد ذاته فكرة جديدة فلقد وجدت عند الإغريق القدماء ومضات من أفكار تطورية ووجدت لدى كثير من العلماء قبل داروين ، بما فيهم جد داروين نفسه نظريات عن التطور .

والمشكلة على أية حال ، هى أنه لم يوجد عالم استطاع أن يبسط وينشئ تفسيراً يوضح سبب التطور، ولقد اقترح عالم طبيعى فرنسى هو جين باتيست لامارك فى أوائل عام ١٨٠٠ أنه جاء وليداً لنوع من الجهد المشعور به أو بدافع داخلى ؛ فلقد مد حيوان يرعى الشجر رقبته محاولا الوصول إلى الأوراق ، عبر الأعوام ، ثم خلف رقبة أطول لنسله ، وتكررت هذه العملية مع كل جيل حتى تكونت زرافة فى روعة كاملة .

وكانت الصعوبة الوحيدة أن الخصائص المكتسبة لا تورث ، وقد برهن على ذلك بسهولة ، فلم يحمل التفسير اللاماركى إقناعاً ولا إثباتاً .

ولم يكن لدى شارلز داروين ، على أية حال ، شيء أفضل يقترحه بعد سنوات عديدة من التفكير فى المشكلة .

ولكن فى عام ١٧٩٨ أى بعد إحدى عشرة سنة من ميلاد داروين كتب قسيس إنجليزى يدعى توماس روبرت مالتس ، كتاباً بعنوان مقالة عن أصل السكان . فى هذا الكتاب اقترح مالتس أن السكان البشر دائماً يتزايدون بسرعة أكبر من تزايد الطعام أو المؤونة، وأن السكان ينبغى أن ينقصوا إما بمجاعة وإما بوباء، أو حرب، وأن هذه الشرور بناء على ذلك لا يمكن تجنبها .

وفى عام ١٨٣٨ وداروين فى حيرته عن مشكلة ارتقاء الأنواع قرأ كتاب مالتس،ومن نافلة القول أن نقول إنه اتضح لداروين فى ومضة خاطر، ولكن يبدو أن هذا هو ما حدث فعلا ، فقد اتضح لداروين

على نحو مفاجئ أن الناس لا يتزايدون وحدهم بسرعة أكبر من تزايد المؤونة .

فكل أنواع الكائنات الحية يتزايدون بنفس الطريقة ، وفى كل حالة لابد من أن يتخلص من الزيادة فى السكان ، بوساطة مجاعة أو بالسلب والنهب ، أو بالمرض ، والآن لا يتشابه عضوان فى أى من الأنواع تماماً ، فكل منهما يختلف اختلافات فردية ضئيلة عن المعيار ، ولو قبلت هذه الحقيقة ، لتساءلنا أى أجزاء السكان انقرض ؟

لماذا انقرض أولئك الأعضاء من الأنواع التى كانت أقل كفاءة فى السباق من أجل الطعام ، والذين عجزوا عن محاربة الناهبين السالبين أو الهروب منهم أو الذين كانوا أقل استعداداً لمقاومة المرض . هذه كانت فكرة داروين النافذة .

وكانت الكائنات الحية التى بقيت جيلا بعد جيل ، أكثر توافقاً فى المتوسط مع بيئاتها ، وهذه التغيرات البطيئة نحو ما هو أنسب للبيئة تراكمت حتى حلت أنواع جديدة (أكثر توافقاً) محل القديمة ، وعلى هذا افترض داروين أن سبب التطور يرجع إلى فعل الانتقاء الطبيعي والحق ، أن العنوان الكامل لكتابه هو : فى أصل الأنواع بوسائل الانتقاء أو الانتخاب الطبيعي ، أو المحافظة على العناصر الممتازة فى المعركة من أجل الحياة . ونحن نسميه أصل الأنواع ونفقد الفاكهة الكاملة لما قام بعمله .

ولقد توصل داروين عام ١٨٣٨ إلى هذه الومضة الذهنية .

وفى عام ١٨٤٤ بدأ يكتب كتابه ، ولكنه جعل يعمل أربعة عشر عاماً يجمع البراهين لكى يدعم فكرته . ولقد كان منهجياً بالغ الدقة ولم يبد أن أى قدر من البراهين مرض له . لقد رغب دائماً فى مزيد من البراهين. ولقد قرأ أصدقاؤه المخطوط المبدئى لكتابه وحثوه على نشره . وعلى وجه الخصوص حذر « تشارلز ليل » (الذى نشر مبادئ الجيولوجيا عام ١٨٣٠ــ ١٨٣٣ ، والذى أقنع العلماء أولا بقدم عهد الأرض وطول عمرها ومن ثم أظهر أنه كانت هناك فسحة من الوقت لحدوث التقدم البطىء للتطور) حذر داروين بأن إنساناً آخر سوف ينتصر عليه ويحوز قصب السبق فى هذا المضمار .

وبينما كان داروين يعمل ، كان هناك شاب آخر ، إنجليزى أصغر منه سناً هو ألفرد راسل والاس ، عالم من علماء التاريخ الطبيعى ، يجوب البقاع النائية ، وقد وجد هو أيضاً براهين وافرة تدل على حدوث التطور وأراد هو أيضاً أن يجد تفسيراً له . ولم يعرف أن داروين قد سبقه إلى حل المشكلة .

ولقد أنفق ثلاثة أعوام يتساءل ويفكر ، ثم صادف هو أيضاً فى عام ١٨٥٨ كتاب مالتس وقرأه، وأنا خجول أن أصبح مبتذلا وأكرر مرة أخرى، ولكنه فى ومضة رأى الجواب ، وعلى خلاف داروين ، على أية حال لم يستقر ولم يتأن ليعمل أربعة عشر عاماً يجمع الشواهد والبراهين ويرتبها .

وبدلا من ذلك ، أمسك بقلم وورق وكتب نظريته مباشرة وأنهى ذلك فى يومين .

وبطبيعة الحال ، لم يرد أن يعجل بطبعها ونشرها دون أن يراجعها هو وزملاؤه الأكفاء فقرر أن يرسلها لتشارلز داروين دون غيره .

ولقد حاولت كثيراً أن أصور مشاعر داروين بينما هو يقرأ مقال والاس ، ولقد كتب بعد ذلك معبراً عن مشاعره بكلماته هو تقريباً . لقد كتب إلى « ليل Lyell » أن الانتقام قد استأثر به واجتاحه.

وكان باستطاعة داروين أن يحتفظ بسهولة بالفضل كله . فقد كان معروفاً ومشهوراً ، وكان هناك شهود عديدون بأنه كان فى الحقيقة يعمل فى مشروعه طوال عقد ونصف عقد، ولكن داروين على أية حال كان إنساناً بالغ الأمانة والإنصاف، ولم يحاول على الإطلاق أن يقلل من شهرة والاس . على العكس، لقد عرض المقال على آخرين ورتب لكى ينشر مع مقال له مشابه ، وفى السنة التالية نشر داروين كتابه .

والسبب الآن فى اختيارى لهذه الحالة هو أنها تشتمل على رجلين يقومان بواحد من أعظم الكشوف فى تاريخ العلم، كل منهما يعمل مستقلا عن الآخر وفى وقت واحد ، وتحت تأثير نفس المثير على وجه الدقة ، هل هذا يعنى أن أى فرد كان يستطيع أن يتوصل إلى نظرية الانتقاء الطبيعى إذا لم يفعل سوى القيام برحلة بحرية، وجمع بين هذا وبين قراءة مالتس ؟

حسناً ، دعنا نر من أين يبدأ التأمل هنا .

لقد كان كل من داروين ووالاس بادئ ذى بدء ذا قدم راسخة فى التاريخ الطبيعى، وقد جمع كل منهما مجموعة هائلة من الحقائق فى الميدان

الذى استطاعا فيه أن يعملا على النفاذ إلى فكرتهما فيه وهذا أمر له مغزاه بالتأكيد .

وكل إنسان فى حياته يجمع حقائق وشذرات من البيانات والمواد ودعنا نسم هذه قطعاً صغيرة ، (كما يفعلون فيما أعتقد فى نظرية التبليغ (Inform ation theory) وهذه القطع الصغيرة يمكن أن تكون من جميع الأنواع ذكريات شخصية : أرقام تليفونات فتيات ، متوسط عدد الضربات للاعبي البيسبول ، أحوال طقس البارحة ، الأوزان الذرية للعناصر الكيميائية .
وبطبيعة الحال ، يجمع الأفراد المختلفون أعداداً مختلفة من القطع الصغيرة من الأنواع المختلفة . والشخص الذى جمع عدداً أكبر عن المعتاد من هذه الأنواع التى يصعب الحصول عليها على وجه الخصوص — قل : تلك التى تتعلق بالعلوم والآداب — يعتبر مثقفاً ومتعلماً .

وهناك طريقتان شاملتان يمكن بهما تجميع القطع الصغيرة . فالطريقة الأكثر شيوعاً هذه الأيام هى أن نجد أناساً لديهم قطيعات كثيرة ونجعلهم ينقلون هذه القطيعات إلى عقلك فى نظام وبأسلوب مهضوم ، ومدارسنا تتخصص فى هذا النقل للقطيعات والذين يفيدون منها منا يتلقون تعليماً نظامياً .

والطريقة الأقل شيوعاً هى تجميع هذه القطع الصغيرة مع حد أدنى من المساعدة الحية ويمكن أن يحصلوا عليها من الكتب أو من الخبرة الشخصية ، وفى هذه الحالة يكون التعلم ذاتيا (وكثيراً ما يحدث أن ذا التعلم الذاتى يختلط بمن ليس متعلماً وهذا خطأ ينبغى تجنبه) .

وفى الممارسة الفعلية تبين أن الكشوف العلمية قد بدأت على يد أولئك الذين تعلموا تعلماً نظامياً كما حدث مثلا على يد كوبرنيق ، وعلى يد أولئك الذين علموا أنفسهم ، كما فى حالة ميخائيل فارادى مثلا .

ولقد نما بناء العلم بالتأكد ، وأصبح أكثر تعقيداً خلال الأعوام فأصبح استيعاب العدد الضرورى من القطع الصغيرة أكثر وأكثر صعوبة بغير توجيه أناس استوعبوها من قبل . إن العبقرى الذى تعلم تعلماً ذاتياً قد أصبح إذاً أندر من قبل ، ولو أنه لم يختف بعد .

وعلى أية حال ، فبغير أن نقوم بأى تمييز على أساس الأسلوب الذى تجمعت به القطع الصغيرة دعنا أولا نضع الفيصل أو المحك الأول للابتكار العلمى .

١ ـ ينبغى أن يمتلك الشخص المبتكر عدداً كبيراً من القطع الصغيرة من البيانات على قدر الإمكان ، أى إنه ينبغى أن يكون معلَّماً مثقفاً .

ولا يكفى جمع القطع الصغيرة بطبيعة الحال فى ذاته ، فيحتمل أننا جميعاً قابلنا أناساً قد ثقفوا ثقافة غزيرة ، ولكنهم مع ذلك استطاعوا أن يكونوا أغبياء إلى حد بعيد . فلديهم قطيعات المعرفة ، ولكن هذه القطيعات لا تعمل شيئاً أكثر من أن تقبع هناك .

ولكن ما الذى يستطيع الفرد أن يعمله بالقطيعات ؟

يستطيع المرء أن يجمعها فى مجموعات مثنى وثلاث ورباع أو أكثر ، كل إنسان يفعل هذا وهو مبدأ الخيط على الإصبع ، فأنت تقول لنفسك أن تتذكر (ا) (أن تشترى خبزاً) حين تلاحظ (ب) (الخيط)

فأنت تعزز ارتباطاً لا يدعك تنسى ا لأن ب ملحوظة جداً .

وهذا ، بطبيعة الحال ربط صناعي شعورى للقطيعات وأنا أشعر بأن كل عقل يقوم باستمرار بجميع أنواع التوافيق بين القطيعات والتباديل بطريقة لا شعورية بدرجات متفاوتة . ويحتمل أن يقوم بهذا خبط عشواء ومصادفة .

وتعمل بعض العقول هذا بسهولة أعظم مما تعمله عقول أخرى ، ولدى بعض العقول قدرة أعظم على صيد التوافيق من اللاشعور ، وتصبح على وعى بها وتكون النتيجة أفكاراً جديدة ونظرات طريفة .

إن القدرة على الربط بين القطيعات بسهولة والإحساس الشعورى المتزايد بالتوافيق والعلاقات الجديدة هو كما أريد أن أقترح مقياس ما يطلق عليه « الذكاء ، » وعلى أساس هذه النظرة ، فإن من الممكن تماماً أن تكون مثقفاً ومع ذلك غير ذكى .

وواضح أن العالم المبتكر لا ينبغى أن تتوافر لديه قطيعات المعلومات فحسب ، بل يجب أن يكون قادراً أيضاً على أن يربط بينها فى سهولة وعلى نحو شعورى متفاوت ، فداروين لم يلاحظ مواد البحث والبيانات فحسب ، بل استطاع أيضاً أن يقوم باستنباطات — استنباطات ذكية وبعيدة المدى — مما يلاحظ . أى إنه ربط هذه القطيعات بطرق مثيرة للاهتمام ، واستنتج منها نتائج هامة .

ومن ثم فالمحك أو الفيصل الثانى للابتكار هو :

٢ — ينبغى أن يكون الشخص المبتكر قادراً على الربط بين القطيعات

بسهولة وأن يلاحظ التوافيق التى كونها ، أى أن يكون ذكياً .

وتكوين التوافيق أو التشكيلات وملاحظتها لا يكفى فى ذاته، فبعض التوافيق أو التشكيلات هام وبعضها تافه ، كيف السبيل إلى التمييز بين هذه وتلك ؟ وليس هناك شك فى أن الشخص الذى لا يستطيع أن يفرق بينهما سيعمل فى ظل نقيصة خطيرة . فبينما هو يكد باحثاً عن كل فكرة جديدة ممكنة ، يضيع وقته ، وتمضى حياته بغير فائدة .

وليس هناك شك أيضاً فى أن هناك أناساً لديهم بعض الموهبة لرؤية النتائج فى لمحة خاطفة كما صنع داروين ووالاس، ولديهم الشعور بما يجب أن تكون عليه النتيجة أو الغاية دون المرور بكل خطوة من خطوات الاستدلال والتفكير على نحو شعورى ، وهذا فيما أقترح هو مقياس لما نسميه « الحدس » .

ويلعب الحدس دوراً أكبر فى بعض فروع المعرفة العلمية أكثر مما يلعب فى فروع أخرى. فالرياضيات مثلا علم استنباطى فيه مبادئ أساسية معينة متى تعلمت يصبح عدد كبير من العناصر المعرفية « واضحة» باعتبارها مجرد نتائج لتلك المبادئ . هذا ومعظمنا بكل تأكيد تنقصه القوى الحديثة لرؤية « الواضح » :

وعلى أية حال فإنا نجد أن العقل الحدسى الحقيقى قادر على تشكيل قليل من القطيعات الضرورية بطريقة بالغة الغنى فى نتائجها لأول وهلة وبغير كثير من الثقة يرى هذه النتائج جميعاً أو بعضها أفكاراً لم يستطع

رؤيتها من سبقوه[1] .

ويحتمل أن علوم الرياضيات لهذا السبب والفيزياء الرياضية قد رأت حالات متكررة للنفاذ إلى أفكار من الطراز الأول على يد الشباب ، فلقد توصل اڤاريست جالوس Evariste Galois إلى نظرية المجموعات فى الحادية والعشرين ، وتوصل إسحاق نيوتن إلى التكامل والتفاضل فى الثالثة والعشرين ، ونشر ألبرت أينشتين نظرية النسبية فى السادسة والعشرين وهكذا.

وفى فروع العلم الأكثر استقرائية والتى تتطلب عدداً أكبر من القطيعات للبدء فيها ، نجد أن متوسط عمر العلماء فى وقت نفاذهم إلى أفكار جديدة أكبر ، فنجد أن داروين كان فى التاسعة والعشرين فى الوقت الذى حقق ومضته العقلية ، وكان والاس فى الخامسة والثلاثين .

ولكن فى كل علم ، مهما كان استقرائيا يلزم الحدس للابتكار ، وعلى هذا :

٣ ـ ينبغى أن يكون الشخص المبتكر قادراً على رؤية نتائج التشكيلات الجديدة للقطيعات التى كونها مع أقل تأخير ممكن ، أى ينبغى أن يكون حدسيًّا .

ولكن دعنا ننظر الآن إلى تشكيل القطيعات أو الشذرات فى تفصيل أكبر ؛ فهذه القطع الصغيرة على مسافات متفاوتة الواحدة منها بالنسبة للأخرى ، وكلما ارتبطت اثنتان منها ارتباطاً وثيقاً كان الفرد أكثر استعداداً

---

(١) لقد قال عالم الرياضيات السويسرى ليونهارد أولر : إن عالم الرياضيات الحق يتضح له مباشرة أن $e^{\pi i} = -1$.

لأن يتذكر إحداهما بوساطة الأخرى ، ولأن يعمل هذا التشكيل أو الربط . ويتوصل نتيجة لذلك إلى الفكرة الجديدة التي تنبعث من هذا الربط بسرعة . وهي نتيجة طبيعية لفكرة أقدم ؛ وهي فرع عنها وتترتب عليها بطريقة واضحة .

وربط قطيعات أقل اتصالا يؤدى إلى فكرة أكثر إدهاشاً إن لم يكن لأى سبب آخر ، غير أن هذا الربط أو التشكيل أو التوفيق يتطلب وقتاً أطول ليتم ، بحيث إن الفكرة الجديدة تكون بناء على ذلك أقل وضوحاً . ولكى يحدث النفاذ العلمي لفكرة من الطراز الأول ، ينبغي أن يتم ربط بين قطيعات بعيدة جداً بعضها عن بعض ، بحيث تكون فرصة الربط بينها عشوائية ضئيلة بالضرورة ، وإلا لتم هذا التوصل واعتبر نتيجة لبعض أفكار سابقة ، وسوف تعتبر عندئذ نفاذاً .

ولكن إذن ، يمكن أن يحدث بسهولة أن القطعتين الصغيرتين اللتين تبعد الواحدة منهما عن الأخرى بعداً يمكن من حدوث النفاذ بارتباطهما لا توجدان فى نفس العقل . فلم يمتلك داروين ولا والاس مع تعليمهما وذكائهما وحدسهما القطع الصغيرة الضرورية التي تعتبر بمثابة مفتاح للتوصل إلى نظرية التطور بالانتقاء الطبيعى ، تلك القطع التي كانت ملقاة فى كتاب مالتس وكان على كل من داروين ووالاس أن يجدها هناك .

ولكى يعملا هذا كان عليهما أن يقرآ الكتاب ، ويفهماه ويقدراه وباختصار ، كان عليهما أن يكونا على استعداد لاستيعاب شذرات

أو قطيعات الآخرين، وأن يعاملاها باليسر الذى يعاملان به ما لديهما من قطيعات .

وبكلمات أخرى لو أكدنا عمق التعلم على حساب شموله فإننا نعرقل الابتكار ، ومن الضار أن نحدد طبيعة القطيعات ونقيدها إلى درجة أن القطعتين الصغيرتين لا توجدان فى نفس العقل . ومن الخطأ القاتل أو المردى أن نشكل العقل إلى درجة أن يعجز عن تقبل القطيعات الغريبة .

وأعتقد أنه ينبغى علينا أن نراجع الفيصل أو المحك الأول للابتكار بحيث يقرأ :

ينبغى أن يتوافر لدى الشخص المبتكر عدد كبير من القطع بقدر الإمكان ، من أنماط منوعة على قدر الإمكان، أى ينبغى أن يعلم ويثقف ثقافة عريضة .

وكلما تزايد تراكم المقدار الكلى للقطيعات مع تقدم العلم ، تزايدت صعوبة تجميع قطيعات كافية فى ميدان عريض شامل على نحو كاف — وعلى هذا فقد أصبحت ممارسة تفاعل العقول ممارسة شائعة، أى فكرة تجميع عدد من المفكرين فى جماعات آملين أن الواحد منهم سيخصب الآخر ، بحيث يتم التوصل إلى أفكار نافذة جديدة مدهشة .

فى ظل أى الظروف يمكن أن يؤتى هذا ثمره ؟ وفضلاً عن ذلك فأى شىء يستثير الابتكار والخلق له أهمية عظمى للإنسانية ؟

وسنجد بادئ ذى بدء أن مجموعة من الناس لديهم قطيعات أكثر مما يتوافر لدى أى عضو من المجموعة بمفرده طالما أن كل فرد يحتمل أن

يكون لديه قطيعات لا يمتلكها الآخرون .

وعلى أية حال فإن تزايد القطع لا يتناسب مباشرة مع تزايد عدد الرجال وذلك لأنه لا بد من وجود تداخل كبير . وكلما تزايد أعضاء الجماعة نقص مقدار ما يقدمه كل عضو يضاف من قطيعات جديدة تماماً، وقلت قيمتها. إذا نظرنا إلى التواترات التى تخلقها وتضيفها الأعداد المتزايدة ، وإلى طول انتظار العضو ليتكلم ، وإلى ازدياد احتمال مقاطعته وهلم جرا ، وأنا أضمن على أساس حدسى أن خمسة أعضاء هو أكبر عدد يستطيع الإنسان احتماله فى مثل هذا المؤتمر .

ومن بين المحكات الثلاثة التى ذكرتها حتى الآن أشعر (حدسياً) أن الحدس أقلها شيوعاً ، ومن المحتمل جداً ألا يوجد واحد فى الجماعة لديه حدس، وهذا الاحتمال أكبر من احتمال عدم وجود شخص واحد بينهم ذكى أو مثقف . فإذا لم يكن أحد فى الجماعة حدسياً فلن تكون الجماعة برمتها حدسية ، فأنت لا تستطيع أن تضيف حدساً إلى لاحدس لتحصل على حدس .

وأما إذا كان أحد أفراد الجماعة حدسياً فسيكون بالتأكيد غالباً ذكياً، ومثقفاً على السواء، وإلا لما طلب إليه أن يشترك وينضم إلى الجماعة فى المقام الأول. وباختصار لكى نقلب عقول جماعة حتى تصبح مبتكرة يجب أن تكون صغيرة تماماً ، وأن تشتمل على الأقل على فرد خلاق مبتكر ، ولكن هل يحتاج الفرد فى هذه الحالة إلى الجماعة ؟ حسناً ، سأعود إلى هذا فيما بعد .

ولماذا عمل داروين أربعة عشر عاماً يجمع أدلة وبراهين على نظرية لابد أنه كان مقتنعاً بأنها صحيحة منذ البداية، ولماذا أرسل والاس مخطوطه إلى داروين بدلا من تقديمه للنشر مباشرة ؟

ويبدو لى بالضرورة أنهم تحققوا وأدركوا أن أية فكرة تقابل بمقاومة من المجتمع العام غير المبتكر قبل كل شيء، وكلما كانت الفكرة الجديدة متطرفة ازداد عظم ما تثيره من كره وعدم ثقة،ويبلغ هذا الكره وعدم الثقة الذى تثيره فكرة نافذة من الدرجة الأولى من الكبر والعظم ما يوجب على المؤلف أن يهيئ نفسه لما يترتب عليها من نتائج غير سارة (فى بعض الأحيان للنبذ من الوسط العلمى وعدم الاحترام ، وفى أحيان أخرى وفى بعض المجتمعات للموت) .

وكان داروين يحاول أن يجمع براهين كافية ليحمى نفسه بإقناع الآخرين عن طريق فيضان من الاستدلال الواضح ، وأراد والاس أن يجد داروين فى جانبه قبل أن يتقدم .

وأنت فى حاجة إلى شجاعة لكى تعلن نتائج ابتكارك . وكلما زاد الابتكار زادت الشجاعة اللازمة بدرجة تزيد على أن تكون نسبة الزيادة فيهما واحدة . وفضلا عن ذلك ، لاحظ أنه كلما كانت الفكرة النافذة أكثر عمقاً ازدادت الآراء السابقة صلابة وجموداً، وكلما بدا الاكتشاف الجديد أكثر مخالفة للعقل ، كان مضاداً للسلطة التى يعتز بها .

وعادة ما يعتبر الشخص الذى يكون لديه من الشجاعة ما يكفى لكى يكون عبقرياً فى الناحية العلمية شاذاً وغريباً،ومع ذلك فالرجل الذى

لديه شجاعة كافية أو عدم تبجيل للعقول أو السلطة بحيث يعارضهما يجب أن يكون شاذًّا غريباً إذا عرفنا الشاذ « بأنه مخالف لمعظم الناس » وإذا كان شجاعاً وغير مبجل فى مثل هذا الشئ الضخم العظيم ، فإنه سيكون شجاعاً بالتأكيد وغير محترم فى كثير من الأشياء الصغيرة بحيث أن كونه غريباً فى ناحية يجعله معرضاً لأن يعتبر شاذًّا فى النواحى الأخرى. وصفوة القول سوف يبدو أنه غير مبتكر ، وسيجمع من حوله من الناس على أنه شخص «كالإناء المتصدع » .

وعلى هذا فلدينا الفيصل أو المحك الرابع :

٤ – ينبغى أن يكون لدى الشخص المبتكر شجاعة (وقد يبدو للجمهور العام نتيجة لذلك إناء متصدعاً) .

وكما يحدث فإن من أكثر الأشياء الملاحظة فيمايتصل بالفرد الخلاق المبتكر هذه الخاصية من التصدع . ومن الشخصيات الشائعة فى القصص الخيالية شخصية الأستاذ الشاذ الذاهل ، والعبارة « عالم مجنون » تكاد تكون رَوشما (كليشيهاً) .

(ويلاحظ أنى لم أسأل قط من أين أجىء بأفكارى المشوقة أو الفعالة أو الذكية أو الساحرة ، إذ أنى دائماً أسأل من أين أجىء بأفكارى الجنونية)

وبطبيعة الحال لا يترتب على ذلك أنه لما كان الفرد المفكر عادة إناء فخاريًّا متصدعاً ، فإن أى « إناء متصدع » يعتبر على نحو آلى عبقريًّا لم ينتبه إليه الناس – ففرص حدوث ذلك قليلة بالضرورة والإخفاق فى ملاحظة أن القضية لا يمكن أن تعكس مثاراً لقدر كبير من الصعوبات

وإذن فلما كنت أعتقد أن تشكيلات القطيعات يحدث على نحو عشوائى تماماً فى العقل الباطن، فإنه يترتب على ذلك أن من الممكن تماماً أن شخصاً قد تتوافر لديه المحكات الأربعة التى ذكرتها بمقادير كبيرة وبوفرة ، ومع هذا فلم يحدث له مطلقاً أن عمل التشكيلات الضرورية . ومع ذلك فهب أن داروين لم يقرأ مالتس هل كان باستطاعته على الإطلاق أن يفكر فى الانتقاء الطبيعى ؟ ما الذى جعله يلتقط نسخة من الكتاب ؟ ماذا كان يحدث لو أن إنساناً لقيه فى اللحظة الهامة وقاطعه ؟

ومن ثم فهناك فيصل أو محك خامس لم أستطع أن أصوغه على أى نحو آخر سوى بالعبارة :

٥ — الشخص المبتكر ينبغى أن يكون محظوظاً .

ولكى نلخص ما أسلفنا :

الشخص المبتكر ينبغى أن يكون (١) مثقفاً ثقافة واسعة (٢) وذكيا (٣) وصاحب بديهة أو حدس (٤) ومحظوظاً .

كيف إذن يسير المرء نحو تشجيع الابتكار العلمى ؟ لأننا الآن ينبغى أن نفعل هذا أكثر من أى وقت مضى فى تاريخ الإنسان ، وسوف تتزايد الحاجة إلى ذلك باستمرار فى المستقبل .

ويبدو لى أن هذا يتحقق بزيادة حدوث المحكات المختلفة بين أفراد المجتمع عامة .

ولا نستطيع أن نتحكم فى المحك الخامس (الحظ) من بين هذه المحكات الخمسة ، ونستطيع أن نأمل فقط على الرغم من أننا يجب أن

نتذكر أيضاً عبارة لويس باستير المشهورة « إن الحظ يحابى ويناصر العقل المستعد » ولكن من المفترض أنه لو أن لدينا ما يكفى من المحكات الأربعة الأخرى فإننا سنجد ما يكفى من المحك الخامس بالمثل .

المحك الأول (تعليم وتثقيف) شامل فى يد نظامنا التعليمى ويعمل كثير من المربين بجد لكى يجدوا طرقا لزيادة كيف وكم التعليم بين الجمهور .

وينبغى أن يشجعوا ليستمروا فى عملهم هذا .

والمحك الثانى (الذكاء) والثالث (الحدس) فطريان ، ولا يمكن زيادة حدوثهما بالطريقة العادية ، ويمكن على أية حال أن يلاحظا بكفاءة وأن يستخدما . وأحب أن أرى طرقاً توضع للكشف عن الذكى ومن عنده حدس (وخاصة من عنده الصفة الأخيرة) فى وقت مبكر من الحياة ، وأن يعاملوا بعناية خاصة ، ويهتم بهذا الأمر أيضاً المربون .

ويبدو لى من هذا أن المحك الرابع (الشجاعة) هو الذى يلقى أقل اهتمام ، وقد يكون المحك الذى نقدر على تناوله بسهولة أكبر . وربما يكون من الصعب أن نجعل شخصاً أكثر شجاعة مما هو عليه ، ولكن هذا ليس ضربة لازب ، وسوف يكون الأمر فعالا بنفس القدر لو أننا جعلنا قدراً متواضعاً من الشجاعة كافياً . وذلك بتبنينا واتخاذنا اتجاهاً قوامه أن الابتكار نشاط جائز ومتاح .

هل يعنى هذا تغيير المجتمع أو تغيير الطبيعة الإنسانية ؟ لا أعتقد ذلك ، أرى أن هناك طرقاً لتحقيق الغاية التى لا تستلزم تغييراً هائلا فى

كل شيء ، وهنا يكون لتفاعل العقول أعظم مغزى وأكبر أهمية .

افترض أن لدينا جماعة من خمسة تشتمل على فرد خلاق مبتكر ودعنا نسأل مرة أخرى ما الذى يستطيع أن يتلقاه هذا الفرد من الأربعة غير المبتكرين ؟

والإجابة عندى تبدو أنها : التسويغ والإجازة .

ينبغى أن يتيحوا له أن يبتكر وينبغى أن يجيزوه فى أن يمضى قدماً حتى لا يكون إناء متصدعاً[١] .

كيف يمنح هذا الإذن أو تتم هذه الإجازة ؟ هل يستطيع أربعة فى جوهرهم غير مبتكرين أن يجدوا فى أنفسهم ما يمكنهم من منح هذا الإذن ؟ وهل يستطيع الشخص المبتكر أن يجد فى وسعه ما يمكنه من تقبل هذه الإجازة ؟

لا أعرف . ويبدو لى هنا أننا فى حاجة إلى التجريب وربما إلى نوع من النفاذ الخلاق فى تفكيرنا فى الابتكار ومتى تعلمنا ما يكفى عن المسألة كلها — فمن يدرى — قد أتوصل إلى أصل تلك الأفكار المجنونة .

---

(١) ودائماً مع الاحتياط بطبيعة الحال بحيث يؤدى ابتكار الإناء المتصدع إلى نتائج تبقى وتثبت بعد الفحص الصعب الدقيق . وعلى الرغم من أن كثيراً من نتاج العبقرى يبدو إناء متصدعاً أولا ، إلا أن قليلا من المبتكرات التى تبدو متصدعة ، تصبح بعد كل شيء نتاجاً عبقرياً ، وسوف أتناول هذا الجانب من المسألة فى الفصل التالى .

١٦ ـ الشك الراسخ

لقد ألقيت ذات مرة حديثاً أمام جمهور صغير من غير العلماء، ولكنه كان جمهوراً منتقى . وكان موضوع هذا الحديث هو : « ما هو العلم ؟ » وتحدثت فى جد وأمل أن يكون بذكاء .

وبعد أن أتممت حديثى ، حانت فترة الأسئلة ، ولم يخب ظنى . رفعت فتاة حسناء يدها الصغيرة الجميلة ، وكانت فى مقدمة الجالسين وحركت يدها تجاهى مسائلة ، ولم يكن سؤالها سؤالا جاداً عن طبيعة العلم ، بل كان « دكتور أسيموف » ، هل تؤمن بوجود الأطباق الطائرة ؟ »

ولقد بدأت أجيبها عن سؤالها وابتسامة على وجهى ، إجابة أدليت بها بعناية بعد كل محاضرة ألقيتها ، وقلت : « لا ، يا آنسة ، لا أعتقد ، وأرى أن أى فرد يعتقد فى وجودها ما هو إلا إنسان أخرق ، كالإناء المتصدع » .

فظهرت الدهشة على وجهها .

وكل إنسان يسلم فيما يبدو لى ، أنى ما دمت أكتب أحياناً قصصاً خيالية علمية ، فلا بد أنى أعتقد بوجود الأطباق الطائرة ، وبوجود الاتلانتس[1] والكشف الصوفى والاستطارة ونبوءات الهرم الأكبر ، وعلم

(١) الاتلانتس : جزيرة خيالية أو قارة يفترض أنها وجدت فى غرب جبل طارق ، وأنها غرقت نتيجة لحدوث زلزال . (المترجم)

التنجيم ، ونظريات « فورت » وبالادعاء بأن « بيكون » هو الذى كتب روايات شكسبير .

ولا يستطيع إنسان أن يعتقد على الإطلاق أن الشخص الذى يكتب القصص الخيالية للأطفال فى السنوات السابقة على التحاقهم بالمدرسة يعتقد حقيقة أن الأرانب تستطيع الكلام ، وأن كاتب القصص البوليسية الجامد القاسى يعتقد أن إنساناً يستطيع أن يشرب لترين من الخمر المعتق فى خمس دقائق ، وأن يغازل فتاتين فى خمس دقائق أخرى تليها ؛ أو أن الكاتب الذى يكتب لمجلات السيدات يعتقد حقيقة أن الفضيلة دائماً تنتصر وأن « السكرتيرة » تتزوج دائماً المدير — ولكن كاتب القصص الخيالية العلمية ينبغى أن يعتقد فيما يظهر بوجود الأطباق الطائرة .

حسناً ، أنا لا أعتقد بوجودها .

لقد كتبت بالتأكيد ذات مرة قصة عن الأطباق الطائرة ، شرحت فيها وجودها بطريقة منطقية جداً . وكتبت فى وقت ما أيضاً قصة لعبت الاستطارة دوراً فيها .

وإذا كان باستطاعتى أن أكون رفيقاً لهذه الأفكار فترة كافية بحيث أكتب عنها قصصاً رصينة معقولة ، فلماذا إذن أرفضها فى الحياة الواقعية رفضاً باتاً ؟

ويمكن أن أوضح هذا بذكر واقعة. لقد أتفق صديق عزيز لى ذات مرة وقتاً طويلا جداً محاولا إقناعى بصدق ما اعتبرته قطعة من العلم الكاذب

بل وقطعة رديئة منه أيضاً . وقد جلست أنصت له فى صلابة ؛ ولم يكن لأى من الشواهد والأمثلة والبراهين التى ساقها أدنى أثر على .

وفى النهاية قال السيد لى ، وهو متضايق جداً « يا للعنة يا إسحق ، المشكلة معك هى أن الشك يجرى فى عروقك .

وكانت الإجابة الوحيدة التى أستطيع أن أرى طريقى إليها وأشعر بها من قلبى هى « شكراً لله » .

وإذا كان لدى العالم جانب من التأهب المزاجى الطبيعى فمن الأساسى فى عمله أن يكون لديه شك راسخ وينبغى أن يشك قبل أن يعمل أى شىء آخر ، ويجب أن يشك فيما يخبره به الآخرون وفيما يقرأ من مراجع ، وأن يشك أكثر من هذا فيما تدل عليه تجاربه ، وفيما ينتهى إليه تفكيره واستدلاله .

وينبغى أن يوجد هذا الشك بطبيعة الحال ، بدرجات متفاوتة فمن المستحيل ومن غير العملى بل ومن غير المفيد أن تكون شكاكاً كبيراً فى جميع الأوقات ، فلا يستطيع الفرد (بل لن يرغب) أن يراجع كل رقم وكل ملاحظة فى كتيب أو فى بحث ، قبل أن يجربه ، ثم يمضى مراجعاً إياه ومعيداً مراجعته حتى يموت . . ولكن إذا حدثت صعوبة ولم يبد أن هناك شيئاً آخر خطأ فيجب أن يكون المرء مستعداً لأن يقول فى نفسه : حسناً . والآن أنا أتساءل وأتعجب عما إذا كانت البيانات والمعلومات التى حصلت عليها من « الكتاب العلمى المضمون الموثوق به » قد لا تكون أخطاء مطبعية .

ولكى تشك عن فهم ، فإن الأمر يتطلب عندئذ تقديراً تقريبيًّا لمدى ما يحمله المصدر من ثقة ، ويتطلب أيضاً تقويماً إجماليًّا لطبيعة القضية . فإذا أخبرتنى أن لديك زجاجة تحتوى على رطل من أوكسيد التيتانيوم النقى فسأجيبك « حسناً » وأطلب منك أن تقرضنى بعضاً منه إذا احتجت إليه . ولن أفحصه . وسأقبل نقاءه على أساس ما أخبرتنى به (حتى ألاحظ ما يعارض ذلك على أية حال) .

وإذا أخبرتنى أن لديك زجاجة تحتوى على رطل من أكسيد الثليوم وهو معدن نادر فسأسأل بدهشة كبيرة : هل هى لديك ؟ وأين هى ؟ وإذا احتجت إلى استخدام المادة ، فلا بد أن أجرى بعض الاختبارات عليها ، وأن أمررها فى عمود تبادل أيونى قبل أن أستخدمها .

وإذا قلت لى إن لديك زجاجة تحتوى على رطل من أكسيد الأميرسيوم، فإنى أقول « إنك مجنون » وأبتعد عنك . أنا آسف ولكن وقتى ثمين وليس هناك احتمال أن تكون عبارتك صادقة بحيث تبرر ذهابى إلى الحجرة المجاورة لأفحص الزجاجة .

إن ما أحاول أن أقوله هو أن الشك أكثر أهمية لتقدم العلم من الاعتقاد والتصديق . وفضلا عن ذلك فإن الشك عمل جاد يتطلب تدريباً طويلا يؤدى على نحو سليم، والناس ما لم يدربوا على أى ميدان معين فإنهم لا يعرفون ما يشكون فيه ، وما لا يضعونه موضع الشك ، أو لكى نصوغ هذه العبارة بطريقة عكسية نقول إنهم لا يعرفون ما يعتقدون وما لا يعتقدون. وأنا آسف أن أكون غير ديمقراطى ولكن رأى فرد لا يبلغ حتماً من الجودة

ما يبلغه رأى الفرد الذى يليه .

وأنا أشعر بالحرج بكل تأكيد مما يبدو على من الخضوع والإذعان للسلطة على هذا النحو. وفضلا عن ذلك فأنتم تعرفون جميعاً أمثلة كانت السلطة فيها خاطئة ، بل بالغة الخطأ وسوف تقولون انظر إلى كولمبس وجاليليو .

وأنا أعرفهما ، وأعرف آخرين أيضاً وأستطيع كمشتغل فى تاريخ العلم أن أعطى أمثلة مفزعة يحتمل أنك لم تسمع بها من قبل . فأستطيع أن أقتبس حالة العالم الألمانى رودلف ڤيرشو الذى كان مسئولا فى منتصف القرن التاسع عشر عن تقدم هام فى الأنثروبولوجى والذى أسس من الناحية العملية علم الباثولوجى . وكان الرجل الأول الذى اشتغل فى البحث فى السرطان على أساس علمى . وعلى الرغم من هذا فقد عارض معارضة شديدة نظرية الجراثيم فى الأمراض حين قدمها باستير . كما عارضها آخرون ، ولكن بتكاثر الشواهد والبراهين امتنع الخصوم عن المعارضة واحداً بعد واحد . ولكن ڤيرشو لم يحد عن موقفه على أية حال حتى أجبر على أن يسلم بأنه كان مخطئاً ، وأن باستير كان مصيباً ، وترك ڤيرشو العلم كلية واشتغل بالسياسة .

ما أكثر الخطأ الذى يمكن أن تقع فيه السلطة العنيدة ؟

ولكن هذه حالة استثنائية جدا . دعنا ننظر إلى مثال عادى طبيعى من أمثلة أخطاء السلطة .

وهو مثال خاص بتلميذ سويدى شاب يدرس الكيمياء يسمى

ساڤانت أوجست أرهنيوس وكان يعمل للحصول على دكتوراه الفلسفة فى جامعة أوبسالا فى الثمانينيات من القرن التاسع عشر – وكان مهتماً بدرجة تجمد المحلولات بسبب ما ظهر له من نقاط شاذة معينة فيما يتصل بهذا الموضوع .

إذا ذاب السكروز (وهو سكر الطعام العادى) فى ماء ، تصبح نقطة تجمد المحلول أقل من نقطة تجمد الماء النقى . ولو ازداد مقدار السكروز المذاب انخفضت نقطة التجمد بدرجة أكبر . وتستطيع أن تحسب عدد جزيئات السكروز التى أذيبت فى كل سنتيمتر مكعب من الماء لكى تحقق انخفاضاً معيناً فى نقطة التجمد . وقد اتضح أن نفس عدد الجزيئات من الجلوكوز (سكر العنب) ومن مواد أخرى كثيرة قابلة للذوبان ، تحقق نفس الانخفاض. فليس من المهم أن يبلغ جزىء السكروز من الكبر ضعف جزىء الجلوكوز ، فالذى يهم هو عدد الجزيئات لا حجمها .

ولكن إذا أذيب كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) فى الماء ، فإن نقطة التجمد تنخفض مع كل جزىء ضعف الانخفاض فى الحالة العادية ، وينطبق هذا على مواد أخرى أيضاً . مثلا حين يذوب كلوريد الباريوم يحقق انخفاضاً فى نقطة التجمد يبلغ ثلاثة أمثال الانخفاض العادى تقريباً .

ولقد تساءل أرهنيوس عما إذا كان هذا يعنى أنه حين يذوب كلوريد الصوديوم ، ينقسم كل جزىء منه إلى قسمين ، وبهذا يخلق من الدقائق

ضعف ما يوجد من جزيئات ، ومن ثم يضاعف الانخفاض فى درجة التجمد ، وقد ينقسم جزىء كلوريد الباريوم إلى ثلاث دقائق . ولما كان جزىء كلوريد الصوديوم يتكون من ذرة صوديوم، ومن ذرة كلور . ولما كان كلوريد الباريوم يتكون من ذرة باريوم وذرتى كلور فإن الخطوة المنطقية التالية هى أن تلك الجزيئات المعينة انقسمت إلى ذرات فردية . ثم كانت هناك حقيقة مشوقة أخرى . وهى أن المواد التى حققت انخفاضاً عادياً فى نقطة التجمد مثل السكروزوالجلوكوز لم تحدث تياراً كهربياً فى المحلول . أما المواد الأخرى التى أظهرت انخفاضاً هائلا شاذاً فى نقطة التجمد مثل كلوريد الصوديوم ؛ وكلوريد الباريوم؛ فقد أحدثت هذا التيار .

ولقد تساءل أرهنيوس عما إذا كانت الذرات التى انقسمت إليها الجزيئات فى المحلول ، حاملة لشحنات كهربية موجبة وسالبة . فإذا كانت ذرة الصوديوم تحمل شحنة موجبة مثلا فإنها ستنجذب إلى شحنة كهربية سالبة . وإذا كانت ذرة الكلور تحمل شحنة سالبة فإنها ستنجذب إلى ذرة موجبة، وسوف تتحول كل منهما فى اتجاهها، والنتيجة النهائية هى أن هذا المحلول سوف يولد تياراً كهربياً . ولقد تبنى أرهنيوس اسم فارادى ايونات من كلمة يونانية تعنى متجولا ليطلقها على هذه الذرات المشحونة المتجولة .

وفضلاً عن ذلك فإن الذرة المشحونة ، أو الأيون ، لن تكون لها صفات ذرة غير مشحونة ؛ فذرة الكلور المشحونة لاتصبح غازاً يخرج

كفقاعة من المحلول ، وذرة الصوديوم لن تتفاعل مع الماء لتكون إيدروجين .
ولهذا السبب لا يظهر ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) خواص فلز
الصوديوم ، أو غاز الكلور . ولو أنه يتكون من هذين العنصرين .

وفى عام ١٨٨٤ . أعد أرهنيوس ، وكان فى الخامسة والعشرين عندئذ ،
نظرياته فى شكل أطروحة ، وعرضها كجزء من رسالته للدكتوراه ، وجلس
الأساتذة الممتحنون معترضين عليها اعتراضاً بارداً قاسياً : فلم يسمع أحد
من قبل على الإطلاق بذرات مشحونة كهربياً ، لقد كان ذلك معارضاً
لجميع المعتقدات العلمية فى ذلك العصر ، ولقد لجأ الأساتذة إلى الشك
الراسخ فى نفوسهم واعتمدوا عليه .

ولقد حاول أرهنيوس مدافعاً عن قضيته بوضوح كبير . واستطاع
فيما يتصل بالافتراض أو المسلم الوحيد الخاص بذوبان الجزيئات وانقسامها
إلى ذرات محملة ، أن يشرحه شرحاً وافياً دقيقاً بحيث إن الأساتذة مع
ما يداخلهم من شك لم يصلوا إلى درجة الاحتداد وترسيب الشاب ، فأجازوه .
ولكن بأقل درجة ممكنة للنجاح .

ولكن بعد عشر سنوات ، اكتشف الإلكترون المشحون سلبيًّا ؛
ووجد أن الذرة ليست بالشيء الذى لا يقبل الانقسام كما اعتبرت من
قبل ، بل مجموعة مركبة من الدقائق الصغرى ، وفجأة أصبح لفكرة
الأيونات باعتبارها ذرات مشحونة معنى . فإذا فقدت ذرة إلكترونا واحداً
أو اثنين ، فإنه يتبقى فيها شحنة موجبة ، فإذا استعادته فلها شحنة سالبة .

وفى العقد التالى ، أنشئت جوائز نوبل ، ومنح أرهنيوس عام ١٩٠٣

جائزة نوبل فى الكيمياء على الرسالة نفسها التى استطاع بها قبل ذلك بتسعة عشر عاماً أن ينال درجة الدكتوراه فى الفلسفة بأقل درجة نجاح ممكنة .

هل أخطأ الأساتذة ؟ يمكننا بعد نظرة إلى الوراء أن نقول إنهم أخطأوا . ولكن فى عام ١٨٨٤ لم يكونوا على خطأ ، فقد فعلوا الشىء الصائب تماماً ، وخدموا العلم خدمة طيبة ، ولابد أن كل أستاذ كان يصغى ويزن عشرات من الأفكار الجديدة كل عام . ولابد أنه قابل كلا منها بقدر من الشك ، مع أن خبرته وتدريبه يدلان على أن الفكرة ذات قيمة .

ولقد لقيت فكرة أرهنيوس القدر المناسب من الشك . ولقد بلغت درجة من التطرف بحيث توضع على مبعدة ذراع . ولكن مع ذلك بدا أن لها من الميزة ما يكفى لجعلها تستحق الالتفات والتقدير . ولقد منحه الأساتذة الدكتوراه فى الفلسفة مع ذلك . ولقد التفت العلماء الآخرون إلى فكرته ، وفكروا فيها ، ففكر فيها أستاذ عظيم اسمه استفالد تفكيراً كافياً جعله يقدم لصاحبها وظيفة حسنة .

وعندما توافرت البراهين المناسبة تقهقر الشك وتراجع وتضاءل إلى حده الأدنى ، وشرف أرهنيوس تشريفاً عظيماً .

ماذا كنت تتوقع أفضل من هذا؟ هل كان يتحتم على الأساتذة أن يتهافتوا على أرهنيوس وعلى نظريته بمجرد عرضها عليهم ؟ وإذا كان الأمر كذلك فلماذا لم يتهافتوا على تسع وأربعين نظرية جديدة عرضت عليهم ذلك العام ، ولم تبد أية واحدة منها أقل احتمالا من نظرية أرهنيوس

وقد بدا بعضها أكثر احتمالا منها ؟

ولو أن العلماء قبلوا النظرية الأيونية قبولا ساذجاً وبتصديق زائد لتطلب إثبات صحتها وقتاً أطول . ولأدى هذا بهم إلى كثير من الممرات المغلقة ، وكم يكون حينئذ عدد العلماء الذين يضعون أفكار أرهنيوس موضع التحقيق والبحث ؟

إن الطاقة البشرية العلمية محدودة جداً بحيث لا تستطيع أن تبحث كل شيء يحدث لكل فرد ، وستبقى دائماً محدودة جداً . ويتوقف تقدم العلم على بقاء العلماء عامة، وبرسوخ وحزم فى الاتجاه الذى يحقق أعظم عائد ممكن . والوسيلة الوحيدة التى تبقيهم فى هذا الاتجاه هى الشك ، والشك الذى ينبعث من شاك راسخ نشيط سليم .

ولكن تستطيع أن تقول إن هذا يفوت النقطة الأساسية . هل لا يستطيع الإنسان أن يلتقط ويختار ويعزل ما هو ذكى عما هو غبى ، ويقبل الأول مباشرة وبحماسة، ويرفض الباقى رفضاً تاماً؟ ألا يوفر مثل هذا السبيل عشر سنوات مما أنفق فى الأيونات دون مضيعة للوقت الذى يبعثر فى الحصول على أفكار أخرى ؟

هذا صحيح بالتأكيد لو أمكن عمله ، ولكنه من غير المستطاع . إن القوة الخارقة التى تقدر على أن تميز الطيب من الخبيث والنافع من الضار ، والصحيح من الخاطئ مباشرة وعلى نحو تام تملكها الآلهة وليس البشر .

دعنى أقتبس جاليليو كمثال ، الذى كان واحداً من أعظم العلماء

العباقرة فى جميع العصور . والذى اخترع العلم الحديث فى الحقيقة والذى تعرض بالتأكيد للاضطهاد وعداوة السلطة .

وكان جاليليو بالتأكيد من بين الناس قاطبة . ذكياً ذكاء يكفى لأن يعرف الفكرة الطيبة حين يراها . وكان ثورياً بما يكفى لجعله لا ينثنى عنها لأنها متطرفة .

حسناً دعنا نوضح هذه النقطة . نشر جاليليو عام ١٦٣٢ العمل الذى توج به حياته العلمية وهو « محاورة فى النظامين الأساسيين للعالم » Dialogue on the Two Principal Systems of the world وكان هذا هو نفس الكتاب الذى أوقعه فى مشكلة حقيقية أمام محكمة التفتيش . وقد عالج ، كما يبين العنوان ، المذهبين الأساسيين مذهب بطليموس الذى يرى أن الأرض مركز الكون ، وأن الكواكب والشمس والقمر تدور بنظم معقدة فى دوائر داخل دوائر ، ونظام كوبرنيكس الذى يرى أن الشمس فى المركز . وأن الكواكب والأرض والقمر تدور حولها بنظم معقدة فى دوائر داخل دوائر .

ولكن جاليليو لم يذكر مذهباً ثالثاً ، هو مذهب كپلر ، الذى يرى أن الشمس فى مركز الكون ، ولا يقبل الكلام عن دوائر داخل دوائر ؛ إذ يرى بدلا من ذلك أن الكواكب تدور حول الشمس فى مدارات بيضية وتقع الشمس عند مركز من مراكز المدار البيضى . ولقد كان مذهب كپلر هو المذهب الصحيح . والحقيقة أن هذا المذهب لم يتغير مع الزمن الذى انصرم منذ ذلك الحين ، لماذا إذن تجاهل

جاليليو هذا المذهب كلية ؟

هل يرجع الأمر إلى أن كپلر لم يكن قد توصل إلى مذهبه بعد ؟ لم يكن الأمر كذلك حقيقة . فإن آراء كپلر عن المسألة نشرت عام ١٦٠٩ ، أى قبل كتاب جاليليو بسبعة وعشرين عاماً .

هل كان السبب أن جاليليو لم يسمع به؟ كلام غير صحيح . لقد كان جاليليو وكپلر يتراسلان وكانا صديقين . وعندما صنع جاليليو تلسكوبات إضافية أرسل واحداً لكپلر . وحين كان كپلر يتوصل إلى أفكار جديدة كان يكتب عنها لجاليليو .

المشكلة أن كپلر كان مقيداً بأفكار العصور الوسطى الغامضة . كان يقرأ الطالع وينجم لمشاهير الرجال . لقاء أجر . وعمل بجد ، وبذل جهداً فى التنجيم . وقد أنفق أيضاً وقتاً ليتوصل إلى النوتة الموسيقية التى تشكلها الكواكب المختلفة لتخلق موسيقى الأجرام السماوية . وأبرز أن « نوتة » الأرض هى مى فا مى Mi Fa Mi وهى ترمز للتعاسة Misery والمجاعة Famine والتعاسة Misery . ولقد صاغ نظرية تفسر المسافات النسبية بين الكواكب السيارة والشمس بتنظيم الأجسام الصلبة الخمسة المنتظمة الواحد داخل الآخر ، واستنتاج ما يترتب على هذا التنظيم .

ولم يسعْ جاليليو الذى سمع بكل هذا والذى ليس لديه أفكار غامضة عن نفسه ، إلا أن ينتهى إلى أن كپلر على الرغم من أنه فتى طيب وزميل ذكى ، ومراسل سار ، إلا أنه شاذ غريب تماماً . وأنا متأكد أن جاليليو سمع عن المدارات البيضية ، ونظراً لمصدرها عزف عنها .

حسناً . كان كپلر حقًّا شاذًّا غريباً ولكن حدث أنه كان على صواب وكان مستنيراً فى بعض الأحيان أيضاً ، ولكن جاليليو من بين الناس جميعاً لم يستطع أن يلتقط الجوهرة من وسط الحصى .

هل نستهزئ بجاليليو لهذا السبب ؟

أو يجب أن نكون شكورين بدلا من ذلك . لأن جاليليو لم يهتم بالمدارات البيضية وبالتنجيم وباستقرار الجمادات العادية و بموسيقى الأجواء ، ألم يكن التصديق مؤدياً به إلى تضييع مواهبه . مما كان يكبد الأجيال التالية خسارة عظيمة ؟

وما لم تساعدنا قوة خارقة غير طبيعية لتبين لنا الصواب من الخطأ فإننا كبشر سوف نتعثر ونخطئ بقدر ما نستطيع . والشك الراسخ الذى نجده عند العالم المدرب هو الملاذ الآمن الوحيد لنا .

إن تنظيم الخطوات العلمية ، الذى يتكون خلال الأعوام ببطء ، يشجع على الشك ويضع العقبات فى طريق الأفكار الجديدة ، ولا يعزى الفضل فى اكتشاف فكرة جديدة لمن توصل إليها إلا إذا نشرها على الناس جميعاً ليروها وينقدوها . ومن الإجراءات التى ينصح باتخاذها أن تعلن الأفكار فى أبحاث يقرؤها الزملاء فى اجتماعات عامة بحيث يستطيعون أن يمحصوا آراء المتحدث وينقدوها وجهاً لوجه .

ولا يمكن قبول أية ملاحظة حتى بعد الإعلان أو النشر كى يعضدها ملاحظ مستقل ويثبتها ، ولا تعتبر أية نظرية فى أفضل الأحوال ، أكثر من مجرد تأملات مشوقة حتى يعضدها البرهان التجريبى الذى يثبتها

ويحققها على نحو مستقل ، وحتى تصمد أمام شكوك الآخرين العاملين في الميدان .

ولا يعني هذا كله أكثر من إيجاد طريقة للانتقاء الطبيعي تميز المناسب من غير المناسب وتفصلهما في مجال الأفكار بطريقة تماثل مفهوم داروين عن التطور . وقد تكون العملية مؤلمة ومتعبة كالتطور ذاته ولكنها تؤتي أعظم النتائج في المدى الطويل ، كما يحقق التطور ذاته هذا ، وفضلا عن ذلك فأنا لا أستطيع أن أرى أن من الممكن أن نجد بديلا لهذا .

والآن دعني أتناول نقطة ثانية : إن مدى الشدة التي ينشط إليها الشاك ذو الشك الراسخ ويستثار ، محكومة أيضاً بمدى تناسب الملاحظة الجديدة ، واتساقها مع البناء العلمي المنظم . فإذا كانت متسقة اتساقاً طيباً معه ، فإن الشك يمكن أن يكون ضئيلا . أما إذا كان اتساقها رديئاً ضئيلا فقد يكون الشك شديداً . وإذا كانت تهدد بقلب البناء العلمي قلباً تامًّا ، فإن الشك فيها يكون شكًّا لا يغلب ولا يقهر ، وينبغي أن يكون كذلك .

والسبب في هذا هو أنه الآن بعد أن مضى ثلاثمائة وخمسون عاماً على تأسيس جاليليو للعلم التجريبي أصبح بناؤه الذي تكون ونما قطعة قطعة على يد اثني عشر جيلا من العلماء ، من الثبات والرسوخ بحيث إن قلبه كلية أصبح ضئيل الاحتمال جدًّا .

ولست في حاجة إلى أن تشير إلى النسبية كمثال لثورة قلبت العلم رأساً على عقب . فأينشتين لم يقلب البناء بل أقامه ووسعه وحسنه فحسب ،

وهو لم يبرهن على خطأ نيوتن، بل دلل على أن أفكاره غير كاملة فحسب. فمذهب أينشتين عن العالم يشتمل على مذهب نيوتن، كحالة خاصة وكمذهب صالح لو لم يكن حجم الفضاء كبيراً جداً ولو أن السرعة لم تكن بالغة الشدة .

وفى الحقيقة ينبغي أن أقول إنه منذ زمن كپلر فى علم الفلك ، وعصر جاليليو فى الفيزياء . وأيام لافوزييه فى الكيمياء ، ومنذ عصر داروين فى البيولوجى ، لم يظهر اكتشاف أو نظرية . مهما بدت ثورية ،قلبت فعلا بناء العلم أو أى نوع كبير فيه . إن ما حدث فى البناء العلمى ليس إلا تحسيناً وتهذيباً وتنقية .

إن أثر الكشوف العلمية منذ ذلك الوقت شبيه برصف الطريق وتوسيعه وإضافة للقاطعات مغطاة بالحشائش ، وإقامة رادار يمنع زيادة السرعة. ويلاحظ أنه لا شيء من هذه الأشياء يساوى إغلاق الطريق وبناء طريق آخر فى اتجاه جديد .

ولكن دعنا ننظر فى عدد قليل من الأمثلة المحسوسة المستقاة من الحياة المعاصرة : منذ عدة سنوات بدأ فريق من الجيولوجيين من جامعة كولومبيا يرتادون ويدرسون شكل قاع المحيط . ولقد وجدوا شقاً أو صدعاً فى مركز حافة وسط الأطلسى (سلسلة من الجبال تسير أسفل المحيط الأطلسى بطوله) وهو صدع عميق . وأكثر من هذا يحيط هذا الصدع بأفريقيا ويطوقها ويخرج منه فريع يتجه إلى المحيط الهندى وخلال شرق أفريقيا

ويتجه صوب المحيط الهادى ماراً بساحل كاليفورنيا، وهو يشبه شقاً كبيراً يحيط بالأرض .

ويمكن قبول الملاحظة ذاتها . فقد قام بها متخصصون مدربون ذوو خبرة . وإثباتها وتأييدها متوافران .

ولكن لماذا يحدث الصدع ؟ لقد اقترح أحد الجيولوجيين حديثاً وهو بروس هيزن ، أن الكسر قد يرجع إلى تمدد الأرض .

وهذا بالتأكيد أحد الاحتمالات . فإذا كان باطن الأرض يتمدد ببطء . فإن القشرة الرقيقة سوف تضعف وتتصدع مثل قشرة البيضة .

ولكن لماذا ينبغى أن تتمدد الأرض ؟ وإذا حدث هذا فسوف تكون أكثر تفككاً وأقل كثافة . ولابد أن تنتشر ذراتها قليلا .

ويرى هيزن أن إحدى الطرق التى قد يحدث بها كل هذا . هى أن قوة جاذبية الأرض كانت تضعف ببطء شديد جداً مع مضى الزمن . وبناء على ذلك تخف الضغوط المركزية وتنتشر ذرات باطن الأرض المضغوطة . ببطء .

غير أننا نتساءل لماذا ينبغى أن تنقص جاذبية الأرض . ما لم تكن قوة الجاذبية فى كل مكان تتناقص ببطء شديد مع الزمن ؟ وهذا يستحق قدراً كبيراً من الشك. لأنه لا يوجد شىء فى بناء العلم يشير إلى أن قوة الجاذبية يجب أن تتناقص مع الزمن . وعلى أية حال ، فمن الحق أن نقرر أنه ليس هناك فى بناء العلم ما يشير إلى أن قوة الجاذبية قد لا تتعرض

للنقصان بمضى الزمن[١] .

خذ حالة أخرى . لقد اطلعت حديثاً على قصاصة من جريدة تتحدث عن تلميذ فى السنة الثانية من المدرسة الإعدادية بجنوب كاليفورنيا زرع أربع مجموعات من الفول ووضعها تحت قنينات زجاجية ، وظلت إحدى المجموعات تحت هذه القنينات طول الوقت دون تغيير . أما الثلاث الأخرى فقد أزيحت عنها القنينات ساعة كل يوم لتتعرض للضوضاء . تعرضت إحدى المجموعات لموسيقى الجاز . بينما تعرضت الأخرى لموسيقى كلاسيكية حادة ، وتعرضت المجموعة الثالثة لضوضاء شديدة صادرة عن آلات سيارات سباق . وكانت مجموعة النباتات الوحيدة التى نمت نمواً كبيراً هى تلك التى تعرضت لضوضاء السيارات .

وكان عنوان رأس العمود فى الجريدة : حبات الفول تستطيع السمع ، وهى تفضل ضوضاء السباق على الموسيقى .

ويتحرك الشك الراسخ بداخلى ، على نحو آلى وبأقصى سرعة متسائلا : هل القصة الصحفية ألعوبة ؟ ليس هذا مستحيلا ، فتاريخ الألاعيب الصحفية بطبيعته يقنع المرء بسهولة أن أية صحيفة لا تنشر شيئاً يمكن أن يكون صادقاً .

ولكن دعنا نفترض أن القصة صحيحة . لو افترضنا هذا لكان السؤال

---

(١) والحقيقة أن هناك تأملات كونية (ولو أنها فى رأيى ليست مقنعة جداً) تتضمن القول بنقص منتظم وبطىء جداً فى الثابت الجاذبى ، وهناك أيضاً نظرية كاب التى وصفتها من قبل فى الكتاب ، والتى تستلزم تناقصاً فى قوة الجاذبية الأرضية ، دون أن تتناول الثابت الجاذبى .

التالى الذى نسأله هو : هل كان الفتى يعرف العمل الذى يقوم به ؟ هل لديه خبرة كافية تجعل طبيعة الضوضاء هى التغير الوحيد ؟ هل كان هناك فرق فى التربة أو فى مقدار ماء الري ، أو فى أى مسألة أخرى صغيرة أهملها نتيجة لعدم خبرته ؟

وحتى لو قبلنا أخيراً صحة التجربة فما الذى تبرهن عليه حقيقة ؟ إن المقال يبرهن دون شك فى نظر كاتب المقال وبالنسبة لكل قارئ آخر تقريباً على أن النباتات تستطيع أن تسمع ، وأن لها تفضيلات وأنها ترفض النمو إذا شعرت بالوحدة والإهمال .

وهذا يخالف إلى حد بعيد البناء العلمى الراهن ، بحيث إن ما بداخلى من شك راسخ يرفضه رفضاً باتًا ويصمه أو يختمه بكلمة « تجاهله » . والآن ، ما هو التفسير البديل الذى يناسب بناء العلم ويتسق معه على نحو معقول ؟ إن الصوت ليس مجرد شيء يسمع فهو شكل من أشكال الذبذبة أو الاهتزاز ، فهل من الممكن أن تثير اهتزازات الصوت دقائق التربة الصغيرة وتيسر للنبات امتصاص الماء ، أو توفر أيونات أكثر فى متناول النبات بتحسين الانتشار ؟ وهل الضوضاء الطبيعية التى تحيط بالنبات تعمل على هذا النحو لتحسين النمو ، وهل أفادت ضوضاء محرك السيارة أفضل من غيرها النباتات التى تعرضت لها ساعة كل يوم ، لأنها كانت أعلى فأحدثت أشد اهتزاز وذبذبة ؟

ويشعر أى عالم (أو تلميذ فى الصف الثانى من المدرسة الإعدادية)

فى مثل هذا الموقف بأن عليه أن يجرى تجارب أخرى ، يجب أن يجرب الذبذبات التى لا تحدث صوتاً مسموعاً . كالذبذبات فوق السمعية الالتراسونك Ultrasonic والاهتزازات الميكانيكية وهكذا . أو قد يحاول أن يعرض النبات نفسه لذبذبات من جميع الأنواع ، عازلا التربة والعكس بالعكس .

وهذا يؤدى بى فى النهاية إلى الأطباق الطائرة وتحضير الأرواح وما شابه ذلك ، والأمثلة التى أسألها لنفسى هى : ما طبيعة السلطات التى تنشر هذه الآراء وغيرها من هذا النوع ؟ وما مدى اتساق الملاحظات والنظريات مع بناء العلم الراسخ ؟

وإجابتى عن هذين السؤالين هى على التوالى : ضعيفة جداً ، وسيئ جداً .

وهذا يجعلنى غير نادم تماماً فيما يتصل بدورى المزدوج فى الحياة . فإذا توصلت إلى فكرة رائقة تستلزم وجود أطباق طائرة ووجدت نفسى فى حالة مزاجية تدفعنى لأن أكتب قصصاً خيالية علمية فسأفعل مسروراً .

وسأمضى فى عدم تصديقى لها برسوخ وثبات فى الحياة الحقيقية ، وإذا كان هذا يعد انقساماً فى الشخصية أو فصاماً فيها فاستفد منه إلى أقصى حد ممكن .

١٧ ـ معركة العقول الغريبة

بعد أن أرسل الاتحاد السوفيتى الاسبوتنك الأول إلى المدار فى ٤ أكتوبر ١٩٥٧ ، اكتسب الروس ذوو العقلية الغريبة (وهو لفظ أطلقه عليهم ذوو عقلية جامدة مغلقة) احتراماً مفاجئاً غير معتاد فى الولايات المتحدة . وفجأة بدأ كل فرد ينظر إلى الاتجاه الأمريكى المضاد للمذهب العقلى بانزعاج شديد .

ولقد أثار غرورى وعجبى دائماً أنى كتبت مقالا أتأسف وأرثى الاتجاه المضاد للعقل فى أمريكا الذي برز قبل أن يظهر الاسبوتنك الأول بعام ونصف عام[1] .

وفى هذا المقال عارضت بشدة تلك العوامل التى توجد فى الثقافة الأمريكية والتى فيما يبدو لى أنها تعتبر النقص فى التعليم فضيلة ، وبهذا تجعل من الصعب على النشء أن يظهروا ذكاءهم دون أن يتعرضوا للعقاب من أجل ذلك .

لقد قلت هذا دون أن أذكر الصواريخ أو الأقمار الصناعية ، ودون أن أتحدث عن « السباق العلمى » مع أى أمة . والحق أنى لم أذكر قط الاتحاد السوفيتى وكما قلت كان هذا قبل الاسبوتنك الأول بعام ونصف عام ، وقبل ظهور طوفان الكتيبات الصغيرة التى نشرت بعد الحدث

(١) The By-Product of Science — Fiction, Chemical and Engineering News, August 13, 1956.

مباشرة والتى عالجت إطلاق الاسبوتنك الأول معالجة جادة .

وينبغى بطبيعة الحال ، أن أرفض بسرعة القول بأنى أحاول أن أقرر ضمنياً أنى أكثر ذكاء عمن يليني من الزملاء ، أو أكثر منهم قدرة على التنبؤ ، فأنا لم أتنبأ بالاسبوتنك الأول ، ولقد حذرنى عالم فلك فى ربيع عام ١٩٥٧ من أن الاتحاد السوفيتى سينتصر علمياً فى هذا المجال . وقد ضحكت من أعماق قلبي وبثقة قائلا « لن يحدث هذا قط » .
وهذا يعنى أنى لم أعتقد قط أن الذكاء هام لأننا نريد فحسب أن نظل متقدمين على الاتحاد السوفيتى بل اعتقدت بأهمية الذكاء لأسباب وجيهة ومتنوعة أخرى . وقد دققت الطبول مدافعاً عنه حتى حين كنت مقتنعاً بأن الولايات المتحدة كانت متقدمة تقدماً كافياً عن جميع الأمم فى فروع العلم كافة .

ولهذا فبعد أن أفقت من دهشتى فى ذلك اليوم من أكتوبر جلست أتعجب للشهرة المفاجئة التى أصابتها العقول ، وعجبت لمشهد أعضاء الكونجرس الذين يناقشون الطيران فى الفضاء فى ثقافة ، كما لو أنهم كانوا يقرعون عن العلم منذ أن قبلوا طفلهم الأول . وقد بدا لى الأمر ، للحظة ، أن العقول حازت من الاحترام قدراً جعلنى أجد رجال الكونجرس يحاولون التحدث متبعين قواعد النحو . حتى ولو عنى ذلك فقدانهم للخصائص التى تميز بها أجدادهم الذين كانوا يصارعون الطبيعة فى عنف وجلد .

وفى تلك الأيام تحدث كل فرد عن مراجعة نظامنا التعليمى وعن

تعديله وإدخال نظام ثورى يشجع التلاميذ الأذكياء فعلا ، ويوجه بعض الالتفات إليهم .

ولكن سرعان ما تلاشى الرعب الذى ظهر فى البداية وتلاه هدوء وأرسلنا عدداً من الأقمار الصناعية وأصبحت عبارة « الأمريكيون يعرفون كيف يعملون» عبارة تستحوذ على ألبابنا مرة أخرى . ولقد أفسح هذا المجال قبل كل شيء لفكرة هى أن العمل على إيجاد مدارس أفضل يكلف مالا ، ومن الذى فى إمكانه أن يبعثر النقود ، يدفع مرتبات كبيرة للمدرسين كمرتبات حراس المنازل ؟

وفضلا عن هذا فهناك أمر آخر يتصل بالموضوع . وهو أن الاقتصاد المزيف ليس مما يثير العجب عند المرء ، ولو فعل هذا عند شخص لكان من الأفضل بالنسبة له أن يلجأ إلى حاسته النافذة حتى يتوصل إلى نظام اقتصادى أكثر كفاية ووضوحاً وحسماً للأمور .

والشيء « الآخر » الذى أشير إليه والذى يصدمنى هو ما يظهر من هجوم مضاد واضح إزاء أى تغيرات فى فلسفتنا التربوية الأساسية وتجاه فكرة زيادة الاهتمام بالعلم برمتها ، من جانب بعض ذوى العقول الجامدة أنفسهم .

ومع ذلك فهناك ذوو عقول غريبة بأجناس وأنواع شتى متباينة ويمكننا أن نضع تصنيفاً عريضاً على أية حال ، ونقسمهم إلى إنسانيين وعلماء (وهذا لا يعنى ، بطبيعة الحال ، أن شخصاً لا يمكن أن يكون عضواً فى كلتا الفئتين) .

وهناك ترفع بين المثقفين . ولقد وجد هذا الترفع بينهم دائماً . فمنذ وقت سحيق من أيام الإغريق القدماء ، شعر الفلاسفة العظام أنهم متأكدون تماماً بأن دراسة الطبيعة عن طريق الفكر المجرد العميق أسمى بكثير من البحث التجريبي وأنبل منه ، ولقد شعروا أن الابتهاج بجمال الكون المنظم صادر من التقدير المجرد للنواحي الجمالية ، وأرفع من الاهتمام بالرغبة فى تطبيق قوانين الكون واستخدامها فى الحياة اليومية .

ويحتمل أن يكون السبب فى هذا أن المجتمع اليونانى كان قائماً على العبودية الإنسانية وبحيث ظهر أن فى العمل اليدوى ما يشين . ولقد كان التجريب فضلا عن ذلك نوعاً من العمل اليدوى ، ولهذا ناسب العبيد وحدهم فى الواقع . ولقد عنى العلم التطبيقى إحناء جلال الكون وأمجاده لتلك الأشياء التى ينبغى أن تثير اهتمام العبيد . والتعبير « الآداب والفنون » Liberal arts مشتق من الكلمة اللاتينية Liberi وهى تعنى « رجالاً أحراراً » والآداب والفنون النظرية تناسب الأحرار . أما الفنون الميكانيكية والتقنية فتناسب العبيد .

ولم يستطع مفكر عظيم مثل أرشميدس أن يقاوم إغراء الاشتغال بالعلم التطبيقى (والعمل فيه بتفوق رائع أيضاً)، ومع هذا فقد كان خجلا من نفسه ، ونشر إنتاجه النظرى وحده .

وبناء على هذا كان على العلم التجريبى أن ينتظر ألفين من السنين حتى يولد .

وما برح هذا الاتجاه موجوداً إلى اليوم حتى بين العلماء التجريبيين

أنفسهم . فكلما ازداد العلم فى تجريده ارتفعت قيمته طبقاً للسلم الاجتماعى للعلماء . والنظام الهرمى التزولى للعلم هو : العلوم الرياضية، وعلم الفلك ، والفيزياء، والكيمياء ، وعلم الأحياء، وعلم الاجتماع . وهناك أقسام مندرجة داخل كل علم يمكن أن تعامل بالطريقة نفسها على أساس محتواها النظرى ، ففى الكيمياء مثلا يكون التدرج الهرمى التزولى هو : الكيميائى الفيزيائى ، والكيميائى العضوى ، والكيميائى الحيوى. والكيميائى الهندسى . ومن الشائق أن نجد العلوم المختلفة الهامة قد أنمت محتوياتها الحديثة وطورتها حسب ترتيب وضعها فى النظام الهرمى ، كما لو كان المفكرون قد استغرقوا وقتاً أطول فأطول لكى يبعدوا رويداً عن المثل الأعلى الإغريقى .

فلم يصبح علم الاجتماع الحديث علماً ، حتى جاء القرن العشرون (ويحتمل أنه — حتى الآن — لم يقف على قدميه ولم يبعد عن الأرض). وعلم الأحياء الحديث من صنع القرن التاسع عشر بما فيه من نظرية الخلية ، ونظرية الجراثيم فى الأمراض ، ونظرية التطور بالانتقاء الطبيعى ، والكيمياء الحديثة من خلق لافوزييه والقرن الثامن عشر،والفيزياء من خلق جاليليو والقرن السابع عشر ويرجع علم الفلك الحديث إلى كوبرنيكس والقرن السادس عشر .

وفى النهاية نجد الرياضيات ، وهى نظرية بالغة التجريد حتى إن الإغريق تفضلوا بابتكارها بالمعنى الحديث ، وفضلا عن ذلك فإنها لم تمت كلية فى قرون الظلام بعد ذلك، وما إن جاء القرن الخامس عشر ، حتى بدأت الرياضيات تظهر علامات لا تخطئ عن حيويتها المتجددة التى

لم تفتر ولم تنو منذ ذلك الحين قط .

ولكن ما الذى يقع وراء العلوم الرياضية والقرن الخامس عشر ؟ وما الذى نقدره فى الحياة الحديثة تقديراً عظيماً وظهر إلى الوجود فى القرن الرابع عشر ؟ الجواب عن هذين السؤالين هو : الإنسانيات .

ويجمع المشتغلين فى جميع العلوم شعور مشترك بالوعى أو باللاوعى بأنهم أقل ثقافة من المتخصصين فى الإنسانيات . ويستجيب المشتغلون بالإنسانيات لهذا الموقف بالشعور بالترفع والخيلاء إزاء العلماء ، ولما كانوا بطبعهم ذوى بيان فإنهم أقنعوا الجمهور عامة بهذا الاتجاه .

وعندما يفكر أى واحد منا فى الثقافة فإنه يفكر فى الأدب والفن والموسيقى والفلسفة واللغة اللاتينية واليونانية وما يشابه ذلك . والحقيقة أن تلك الأشياء قد بلغ من تحريم لمسها أنى أصبحت حين أبدأ فى مناقشة بقصد تحطيم أصنامها وفضح أباطيلها أشعر كما لو أنى مقدم على فضح ومهاجمة الحب الأموى ، أو رفض تحية العلم أو شىء يساوى هذين فى الشناعة والفظاعة .

والآن ، ما هى « الإنسانيات » على أية حال ؟ يقول وبستر إنها (فروع التعلم المؤدب المهذب باعتبارها تؤدى أساساً إلى الثقافة وهى بخاصة الكلاسيكيات القديمة ، والفنون الرفيعة والآداب . وهى شىء دنيوى باعتباره متميزاً عن التعلم اللاهوتى) .

والجزء الأول من التعريف يجعل الإنسانيات تبدو وكأنها نوع من التعلم الخالص المجرد ليس مهيأ ولا معدا للتطبيق على مشكلة الحياة اليومية

أى ليس متعلقاً بكسب العيش . وهى دراسة مثالية لشغل وقت الفراغ وبالنسبة لأولئك الذين لديهم وقت فراغ .

ومن الأمور الإنسانية أن يقع الإنسان فى مغالطة هى أن يستنتج أنه « إذا كان ا يتضمن ب ، فإن ب يتضمن ا » ، فإذا لم يكن لأفضل أمثلة للإنسانيات أى تطبيق عملى فإن الدراسات التى ليست لها تطبيقات عملية تعتبر أمثلة طيبة للإنسانيات . وبالعكس الدراسة التى لها تطبيق عملى ليست مثالا طيباً للإنسانيات ، وليست نوعاً من التعلم المهذب . إنها لا تؤدى إلى الثقافة .

والآن ، لا يمكن أن تتجنب العلوم المختلفة ما لها من استخدامات عملية . فالعلوم تبدأ برجال مهذبين هواة ولكنها تنتهى دون تغيير بإنسان فى معمل فى مكان ما ، وقد علته برمته أقذار .

من الذى يحاول عندئذ أن يقول إن السيد المهذب الذى بلغ فى تثقيفه وتعليمه حداً كبيراً ، مع ما لديه من معرفة واسعة شاملة بالإنسانيات تجعلها طوع بنانه ، ومع جهله التام بالعلم ليس أكثر ثقافة من ذلك الذى يعمل فى المعمل ، ولديه معرفة تفصيلية بالعلوم ، ولكنه عاجز عن التمييز بين بيكاسو وبيزيكاتو .

وهناك قصة على سبيل المثال ، هى أن أعضاء هيئة التدريس بمعهد ماساشوستس للتكنولوجيا اجتمعوا ذات مرة ليراجعوا الدرجات النهائية للمتخرجين مراجعة نهائية ، ولقد وجدوا طالباً يدعى شيشرون راسباً فى اللغة اللاتينية فندت عنهم ضحكة اشتركوا فيها جميعاً دون استثناء .

من الذى لا يعرف ، مهما يكن تخصصه أن ماركوس تليوس شيشرون كان أعظم خطباء الرومان وكاتب أنق ما سطر على الورق من عينات للأسلوب اللاتيني ؟ وإذا كنت لا تعرف هذا فأنت فظ غير متعلم . وسوف يحس عالم الفيزياء وعالم الكلاسيكيات على السواء بالخجل من جهلهما لهذا .

ثم تبع ذلك عندئذ وفى نفس الاجتماع لهيئة التدريس حالة تلميذ آخر يدعى جاوس ، رسب فى الرياضيات ودوت ضحكة اشترك فيها هذه المرة أعضاء الأقسام العلمية المختلفة . أما أعضاء أقسام الإنسانيات فقد ظلوا صامتين بغير فهم .

إنهم لم يعرفوا أن كارل فردريك جاوس كان واحداً من ثلاثة أو أربعة هم أعظم علماء الرياضيات فى التاريخ . ولو أن هذا وضح لهم فإنهم لن يروا بغير شك لماذا ينبغى أن يتوقع منهم أن يعرفوا ذلك، ويحتمل ألا يكترثوا بجهلهم . وقد تظهر لديهم كل النوايا بأنهم لن يحاولوا أن يعرفوا مثل هذه الحقائق فى المرة القادمة على أية حال .

ومع ذلك ، سيخجل أى عالم من أن يرفع رأسه عن أدواته ليقول : « أنا لا أستسيغ هذا الأدب الخيالى المشوش ، فأنا أقرأ الكتب المضحكة وحدها » وقد يكون هذا صدقاً ولكنى ألفت نظرك ، إلى أنه سيخجل من قوله هذا ، ويشعر بالخزى .

وأستطيع بسهولة — على أية حال — أن أتخيل إنساناً يقرر فى هدوء أنه لا يعرف شيئاً عن الرياضيات، وأنه لا يستطيع أن يجمع عموداً من الأعداد

لينقذ حياته . وليس هناك شين أو خزى فى هذا وأنا أعتقد وقد أكون واهماً ، أن عالم الإنسانيات المتمكن قد يشعر بفخر قليل لأنه لا يفهم الرياضيات أو العلوم فهذا الجهل علامة على الأرستقراطية العقلية الحقة ويبين كيف أنه تثقف ثقافة تامة .

والآن ، انظر إلى الموقف الذى وجد فيه الإنسانيون أنفسهم دون توقع بعد ذلك اليوم الأسود من أكتوبر عام ١٩٥٧ . فقد كان الجمهور الأمريكى ومن يتحدث عنه يصرخون فجأة طالبين تعليماً أكثر ، ولكنهم كانوا يتحدثون عن تعليم العلوم . فقد اكتشف الزعماء البارزون فى جميع نواحى الحياة فجأة أن الناشئة لم يتعلموا علماً كافياً .

تخيل المستقبل الممكن الذى يواجه الإنسان المثقف ثقافة تامة . وهل جاء الوقت الذى يعتبر فيه الإنسان مثقفاً أو متعلماً لأنه ببساطة يفهم معادلات التفاضل . فلينقذنا الله ، وهل ينظر إلى الكيميائى بأصابعه وما يعلوها من آثار أحماض كفرد مثقف بسبب هذه الحقيقة ذاتها؟ .

وما الذى يحدث لإنسان ، إنسان مثقف حقيقة قرأ براوست فى الأصل الفرنسى ، ورستويفسكى فى الأصل الروسى (روسى قيصرى بطبيعة الحال) ، ولكنه لم يلوث نفسه بحساب التفاضل والتكامل وبالبروتونات وأشياء مشابهة ، هل يعد مجرد رجل من العامة ؟ أو أنه شخص تعلم تعليماً من الدرجة الثانية ؟

وعارض كثير من علماء الإنسانيات بطبيعة الحال مثل هذا الاتجاه ، وهذا أمر طبيعى . مثله مثل صاحب المصنع ذى العربة والحصان الذى

كان يحارب هنرى فورد .

وكانت النتيجة هجوماً مضاداً مثقفاً ضد زيادة تأكيد العلم والاهتمام به لأسباب منوعة ، بعضها أجده أكثر إسقاماً من بعض .

وكثيراً ما أسمع إحدى النقط ، وهى أننا نفسح المجال لنجاح الاتحاد السوفيتى فى ميدان الصواريخ ، لكى يدفعنا إلى تنافس مع مجتمع مخالف لمجتمعنا ، بتخريج علماء ومهندسين . وأننا ينبغى لنا بدلا من ذلك أن نتبع طريقنا فى الحياة ، طريقاً يغلب عليه الاتجاه الروحى ، وينبغى ألا نحاول أن نهزم نظاماً يتبنى الملامح الواضحة لنفس الشيء الذى نحاربه .

بطبيعة الحال ، إن من السخف والرياء أن نحاول أن نجعل الأمر يبدو كما لو كنا فخورين بدرجة تمنعنا من التنافس مع الاتحاد السوفيتى على أساس مادى . ولم تمض سنوات طويلة منذ الوقت الذى قلنا فيه بصوت عال ، إن كل ما علينا أن نفعله هو أن نسقط كتالوج « سيرز روباك » فى جميع أنحاء الاتحاد السوفيتى حتى يثور السكان ويتمرد أولئك المحكومون بالضغط والقمع حين يعلمون بالغنى الهائل والثروات التى أمكن تحقيقها بوساطة نظامنا الرأسمالى .

ولقد برهنا على تفوقنا على الشيوعية المرة بعد المرة ، بعملية بسيطة هى مقارنة أرقام السيارات والتليفونات وآلات الغسيل وما يماثلها . وكل شخص يشاهد التليفزيون يعرف أن اقتصادنا (الأمريكى) يقوم على زيادة مستمرة فى عدد ممتلكاتنا المادية ، وأن كل الإجراءات الشديدة قد اتخذت لتشجيع هذا . وإذا اكتشفت طريقة تمكن المذيع من أن

يخرج من جهاز التليفزيون ويجبرنا على استخدام الصابون أو دواء الصداع أو خليط الكعك ، أو شراء سيارة تحت تهديد السلاح فإن ناشرى الإعلان سوف يصطفون بغير شك صفاً مزدوجاً طويلا جداً ينتظرون دورهم ليحنوا حذوه .

والآن ، وبعد أربعين عاماً من الإصغاء لهذا ، ينتعش الاتحاد السوفيتى ويزداد ذكاء ويقول : « حسناً ، سننتصر عليكم فى مستوى المعيشة ودعنا نبدأ الآن بتقدير من المتفوق على أساس عدد الصواريخ وعدد العلماء . » وإذا كنا نستطيع استجابة لهذا أن نغمغم قائلين . حسناً ، إن كل هذا لا يهم وإن القيم الروحية هى الشىء الذى يعد ويقدر على أية حال ، فإنى أستطيع أن أقول إن هذه المناقشة متأخرة جداً بحيث لا تقنع أحداً ، وإننا سنخسر تلك المعركة المشهورة لعقول الرجال .

وأنا أيضاً ، خائف من هذا النوع المريع من التفكير الذى يميل إلى جعل الأمر يبدو كما لو أن تعليم عدد أكبر من العلماء هو على نحو ما اتجاه نحو الشيوعية ، وتسوية العلم بالشيوعية انتحار واضح لأى مجتمع غير شيوعى . وبصراحة لو أن الدفاع عن علم أفضل وأكثر وعلماء أفضل وأكثر يعتبر اتجاهاً شيوعياً ، فأنا على استعداد لأن أدين نفسى الآن مباشرة .

هل تفترض أننا لن نكون فى حاجة عندئذ إلى العلم أو العلماء ، وأننا نستطيع أن نجلس مستريحين ونصغى إلى كونشرتو برامز أو تسجيل لألفيز بريزلى (كل فرد حسب ذوقه) ونترك العلم لعدد قليل من الشواذ والأغراب لديهم اهتمام بالعلم مغروس فيهم ولا يمكن إشباعه أو إسكاته ؟

إننا لا نستطيع ذلك . ولو كان بسبب تلك المجموعة التى لديك من الأعمال الأدبية العظيمة فى جميع العصور .

لأن لدينا عدواً يبلغ فى قيمته عشرة أمثال الاتحاد السوفيتى ويسمى — التزايد الهائل فى السكان ، ولدينا عدو آخر يساويه فى قهره وخطره وهو : الموارد المتناقصة . ولدينا مجموعة من السكان إما أنهم توصلوا إلى مستوى معيشة مرتفع ويريدون المزيد منه ، أو لم يحققوا مثل هذا المستوى المعيشى المرتفع . وقد صمموا على أن يفعلوا هذا .

وليس من الضرورى أن أتناول هذه المسائل بالتفصيل . ولكنى أود أن أشير باختصار فحسب إلى أننا إذا كنا نتوقع أن نحقق حياة أيسر لعدد أكبر من الناس مما بقى لدينا من كوكبنا المسلوب ، فإن علينا أن نبحث عن طرق لبلوغ هذا ، فالأعمال الأدبية والفنية قد تلهمنا فى هذا البحث ، وتحفزنا عليه . ولكن الإجابات الفعلية إن وجدت لابد أن تتمخض عن العلوم .

وسوف نحتاج إلى علماء ومهندسين لأشياء أكثر من الصواريخ والأقمار الصناعية . سوف نفتقر إليهم لأشياء بسيطة كتلك التى نلقاها فى حياتنا اليومية كالبحث عن الطعام والماء النقى والهواء غير الملوث .

وسوف نحتاج فى الحقيقة إلى علماء بدرجة أكبر إذا اختفى الاتحاد السوفيتى ، لأنه بينما توجد هناك دائماً إمكانية إفساد جميع الأعمال والمنشآت بقيام حرب ذرية شاملة لا تبقى ولاتذر ، وعندئذ لن نحتاج إلى علم على الإطلاق لفترة ، أو حتى لن نحتاج إلى الكثير من أى شىء آخر .

ويمكن أن نبين بالتأكيد أن كثيراً من المشكلات الحديثة لم تكن لتوجد بغير العلم ، وأفضل مثال لهذا خطر الحرب الذرية . وتقدم الطب الحديث أيضاً يعتبر أحد العوامل التى وراء تزايد السكان الهائل فى الوقت الحاضر .

ومهما يكن من شيء فإن العلم لم يخترع ولم يخلق المشكلات ، فقد وجدت بكثرة فى العصور غير العلمية وجعلت المجتمعات غير العلمية أكثر تعاسة من مجتمعاتنا فى كثير من النواحى وأقل أملا منها فى الخلاص فالحضارة المثالية للإنسان تلك التى ازدهرت فى عهد بركليس الأثينى قامت على عبودية الإنسان واستمرت جيلا واحداً ثم حطمتها الحرب (التى كانت مزمنة فى تلك العصور وبالتأكيد لم تكن ناتجة عن العلم) والوباء (الذى كان مزمناً وكان مسبباً باللاعلم) .

وأعتقد أن أى فرد يصبو إلى مجتمع رعى أبسط من مجتمعنا ، وثقافة بدائية أبوية فاضلة بعيدة عن جنون الحياة الحديثة ، إنما يتوق إلى شيء لم يحدث ولم يوجد قط .

قد تكون نزعة مادية لدى، ولكنى أحس بشعور حار من الراحة والأمن حين أفكر فى أشياء مثل التخدير والمواد المضادة للحيويات antibiotics والصابون وملايين الأشياء الأخرى التى لم تتوافر عند « دافنيس » « وشلو » وهما يعزفان على المزمار عزفاً متصلا لشياههما وحملاتهما المتوثبة . وما الذى حدث لدافنيس فى اعتقادك على أية حال ، إذا فاجأته نوبة التهاب زائدة دودية حادة ؟ إنه لم يصرخ إلى ما لا نهاية بطبيعة الحال ، وإنما

صرخ حتى وقع فى غيبوبة ومات .

وهناك خوف آخر كثيراً ما عبرنا عنه فيما يتصل بالاهتمام الزائد والممكن بالعلم ، وهو أننا قد نتحول إلى أمة من « الربوت العلمى » أى من علماء آليين ، وذلك لأن من المهم مع هذا أن نربى أناساً ذوى ثقافة عريضة متكاملة .

وهذا جهل ، وهو أمر سيئ ، أو رياء ، وهو أمر أسوأ ، قوامه التلويح بشبح خطر مفزع لا يوجد ولا يمكن أن يوجد . ودعنا نفترض أن الأمريكيين يريدون أن يخرجوا أمة من العلماء الآليين ، وأن التعليم الأمريكى قبل التحدى ، ومضى فى أمانة يعمل تجاه ذلك الهدف . هل ينجح ؟ بالطبع لا .

إن الغالبية العظمى من النوع الإنسانى ليسوا مهيئين لكى يصبحوا علماء أذكياء أكثر من تهيئهم واستعدادهم لأن يكونوا نجوماً فى لعبة كرة القدم ، وفى ظل أفضل الظروف والجهود والمقاصد فى عالمنا نستطيع أن نحول أقلية من الجزء الموهوب من الإنسانية إلى فئة راقية ممن يسبرون غور أسرار الطبيعة .

إن لفظ عالم آلى رَبوُتْ scientific robot التى كثيراً ما يستخدمها المشتغلون بالإنسانيات لفظة تدل على ترفع وخيلاء عقلية لا مبرر لها ، فبها يشاركون غير المتعلمين عامة فى تقبل تعميم جامد كاذب عن العالم باعتباره إنساناً ضائعاً بين أنابيب الاختبار وأجهزة تسجيل ذبذبات التيار الكهربى وعاجزاً عن تقدير الأشياء الرفيعة الراقية فى الحياة .

وعلى الرغم من معرفتى العريضة بالميدان فأنا أعرف عدداً قليلا من العلماء ضائعين فى أنابيب الاختبار أو فى أجهزة تسجيل ذبذبات التيار الكهربى ولدى معظم العلماء اهتمامات أخرى ومن بينها الإنسانيات. ويعتقد أغلبهم أن الإنسان يصبح عالماً أفضل إذا اهتم بالإنسانيات وتصرف بناء على اعتقاده فيها . وقد حدث أنى أعرف إنساناً قرأ پراوست فى الأصل الفرنسي ودستيوفسكى فى الأصل الروسى . وهذا الإنسان عالم كيمياء حيوية .

وثمة قلق عظيم آخر يتصل بتدريس العلوم تدريساً مركزاً ، وهو : افترض أنك قررت بناء على حافز قوى ومستمر أن تبحث عن طلاب قادرين على العمل العلمى وأن تنميهم . ألست عندئذ تحطم حق الطلاب فى أن يوجهوا حياتهم ويختاروا ما يثير اهتماماتهم ؟ افترض أن طالباً يستطيع أن يكون عالماً ولا يرغب فى ذلك ؟ أليس فى جعله عالماً على أية حال عمل مضاد للديمقراطية ؟ أليس هذا عملا ديكتاتورياً ؟ أليس فى هذا ما يتعارض مع الكرامة الإنسانية والفردية التى كافح العالم الغربى كفاحاً شاقاً للحفاظ عليها ؟

والإجابة عن كل سؤال من هذه الأسئلة هى نعم ، وإذا وجد لدى الطالب اتجاه قوى معارض لأن يكون عالماً . فإننا لا يمكن أن نجعل منه عالماً ، مهما كان مؤهلا فى النواحى الأخرى ، والشىء الوحيد هو أن من الأفضل بالنسبة لنا أن نتأكد من أن لديه اتجاهاً قوياً مضاداً يمنعه من أن يصبح عالماً . ومن الأفضل بالنسبة لنا أن نتيح له كل إغراء واستمالة

تدعوانه لأن يصبح عالماً .

وأنا أذكر الأيام الساذجة الحالمة التي سبقت بيرل هاربور حين أثير سؤال يتصل بالتعبئة العسكرية ونهضت بعض العقول العظيمة فى ردهات الكونجرس لتقول إن التعبئة العسكرية غير ضرورية ، وذلك لأنه عند أول إشارة أو دلالة على الغزو سيقفز مليون أمريكى إلى أسلحتهم مثلهم مثل المحاربين القدماء الذين كانوا دائماً على أهبة الحرب .

وبالتأكيد سيهرعون إلى أسلحتهم .

لقد تناول المحاربون القدماء بنادق الصيد المعلقة على الحائط وخرجوا ليصوبوها نحو ذوى المعاطف الحمراء الذين لم يكن لديهم أية بندقية يستطيعون أن يستخدموها بنصف مهارتهم. والمفروض أن الأمريكيين عام عام ١٩٤١ سوف يهرعون إلى دباباتهم وطائراتهم المستندة إلى الحائط ويسرعون بها نحو العدو .

ولحسن الحظ توصل أغلبية قادتنا النبلاء فى مجلس النواب بصوت واحد فى غموض إلى حقيقة هى أن الأسلحة الحديثة لا يمكن استخدامها عند أول نظرة إليها . وأن هناك أشياء تقتضيها الحرب هذه الأيام أكثر من جذب زناد. وعلى هذا تمت التعبئة العامة . واحتجنا لكى نستعد للحرب عندما قامت إلى ستة شهور إضافية فحسب .

والآن لقد أصبحت التعبئة العامة ديكتاتورية تهدم الاستقلال الفردى. فلا يسأل المجند إذا كان يفضل أن يكون جندياً أو ثرى حرب . وأسفاه إن الضرورة مع ذلك تسود الموقف !

والواقع أننا فى حرب الآن ، لا مع الاتحاد السوفيتى فحسب ، بل مع الكون . ولقد كنا دائماً فى حرب معه. ولقد تم التقدم الإنسانى — أو ما يسرنا أن نطلق عليه تقدماً — نتيجة للانتصارات على الكون . فقد حدث اكتشاف النار ، واختراع العجلة وتطوير التعدين وترويض الحصان نتيجة لذلك .

وبعد عام ١٥٠٠ اخترعت طريقة منظمة لمحاربة الكون، وسميت العلم التجريبى ، وبعد عام ١٧٥٠ زادت سرعة هذه الطريقة، وحتى عام ١٩٥٠ لم تتعد الحرب ضد الكون نطاقاً ضيقاً يمكن الاضطلاع بها بوساطة جيش من المتطوعين بكفاية معقولة .

ولكن الحالة لم تعد كذلك . فزيادة السكان مضافاً إليها استهلاك الطاقة على نطاق واسع. وهما أمران أمكن تحقيقهما بالانتصارات العلمية المبكرة ، جعلا المعركة تزداد تعقيداً باستمرار . وتزيد خطورة ما يتسبب عن الهزيمة من كارثة (حتى ولو كانت هزيمة مؤقتة) . .

ولم يعد يكفى جيش من المتطوعين. فنحن فى حاجة إلى تعبئة عامة فى شكل نظام تعليمى منقح ومهذب ومحسن، وإلى ما يضمن أن كل إنسان عنده الاستعداد لأن يكون عالماً من الناحيتين العقلية والنفسية سوف يصبح واحداً، ونحن فى حاجة إلى أن نتأكد من أن كل عالم متفتح لا يضيع على الإنسانية لأسباب تافهة .

ودعنا نقل بجفوة وغلظة أريد أن أجد حداً للهواية فى مسائل العقل ونهاية لها . وتعظيم الإغريق للفن من أجل الفن حسن طالما أن هذا لا يفسر

ليعنى أن استخدام الفن لتحقيق خير الإنسانية تحقير له .

وأقول دعنا ننظر إلى الجزء الثانى من تعريف وبستر للإنسانيات الذى ينص على أنها « دنيوية ، باعتبارها متميزة عن التعلم اللاهوتى » .

ولقد ابتكرت الإنسانيات بالمعنى الحديث خلال عصر النهضة. فى ذلك الوقت حين كان التعليم متركزاً منذ وقت طويل حول علم اللاهوت اكتشف الأساتذة الإيطاليون من جديد الأدب الدنيوى الإغريقى والرومانى ، أدب اهتم لا بالجنة والجحيم فحسب، بل بأشياء هذه الأرض جميعاً، وكان للقدماء نظرة إلى الحياة تناولت الإنسان وعلاقته بالإنسان وكان هذا أمراً جديداً ثورياً بالنسبة لثقافة اهتمت طوال ألف عام بالله وبعلاقته بالإنسان .

ولكن إذا كانت هذه هى الطريقة التى بدأت بها الإنسانيات، فليس معنى هذا أنها ينبغى أن تنتهى بنفس الطريقة .

والإنسانيات تعلم دنيوى؛ فهى دراسة لهذا الذى يهم الإنسان ويتعلق به ، ولقد اهتم الإنسان بأشياء جديدة فى القرون التى تلت عصر النهضة، فهل تبقى الأشياء الجديدة فى مجال اهتمام الإنسان غير ممثلة ؟ إن العلم الحديث من خلق عصر ما بعد النهضة، وهل جهل فرانسيسكو بترا كا بالعلم يوجب علينا أو يسوغ لنا ألا نعرف عنه شيئاً بالمثل ؟

ويلعب العلم فى العالم الحديث ، دوراً حيوياً فى جميع نواحى حياة الإنسان؛ فنحن نعيش من الرأس إلى أخمص القدم ومن العقل إلى البطن محاطين بالعلم ومشربين به وبمنتجاته؛ ومن المستحيل أن نستمر لأية فترة

أخرى فى عزل الإنسان عن العلم ، أو فصل العلم عن الإنسان دون أن تحدث كارثة لا يمكن تخيلها .

وعلى هذا فالرجل الذى يدعو نفسه إنسانياً ، ولكنه يبقى جاهلا بالعلم ليس حقيقة إنسانياً ؛ لأنه قد عزل نفسه عن قصد متفاوت الدرجة عن واحد من أهم اهتمامات الإنسانية الحديثة .

ولا يعنى هذا أن الإنسانى ينبغى أن يكون فى الوقت الحاضر عالماً مهنياً متخصصاً. بالطبع لا ، فلا أحد يتوقع منه أن يكون روائياً عظيماً ، أو أن يؤلف سوناتا ، أو أن يرسم « سكتشاً » مبدعاً ، ولكن المتوقع منه على أية حال أن يعرف شيئاً عن الآداب والموسيقى والفن وأن يقدرها وينبغى أن يتوقع منه أيضاً أن يفهم شيئاً عن العلم وأن يقدر ذلك .

وإذا قبل هذا الاتجاه ، فإننا نستطيع أن ننمى جماعة جديدة من إنسانيى القرن العشرين ، أناس يستطيعون أن ينبذوا نظريات القرن الخامس عشر الإيطالية فى الأدب والفن وتحيزاته ويشاركوا بقيتنا ويلحقوا بنا هنا فى الحاضر . وبهذه النظرة الجديدة قد لا يفزع الإنسانى فزعاً شديداً غير معقول من حاجتنا الحديثة لأن نز[illegible] اهتمامنا بتعليم العلوم ، وربما عندئذ نستطيع بتقدمنا تحت شعار « [illegible] العقول الغريبة » أن نمضى فى إحراز انتصارات لا تنتهى أبداً على الكون .

تم طبع هذا الكتاب بالقاهرة
على مطابع دار المعارف بمصر
سنة ١٩٦٥

هذا الكتاب

إن المجموعة الشمسية تضم تسعة كواكب كبيرة . . . هذه حقيقة . وقد يكون هناك كوكب عاشر لم نعرفه بعد . . وعندما نكتشفه يكون فى استطاعتنا أن نستنتج حقائق كثيرة معتمدين على ما نعرفه الآن عن باقى النظام الشمسى . . . وهذا خيال .

ويحاول إسحق إزيموف فى هذا الكتاب استلهام الحقائق العلمية البحتة دون أن يتقيد بأى من القيود العلمية الجامدة ؛ فهو يبدأ مقالاته بتقرير الحقائق العلمية الثابتة ، ثم يطلق العنان لخياله الخصب حتى يصل إلى مواقف وأفكار افتراضية هى فى الحقيقة خيال ولكنها معقولة جداً .

ونتيجة لشطحات الخيال هذه جاءت السبع عشرة المقالة التى يضمها هذا الكتاب بين دفتيه ، وهى افتراضات خيالية ممكن تحقيقها بفضل العلم .

لقد عالج الكاتب أفكاره بمنطق العالم . . وهو يبحث فى النظريات العلمية بروح المغامرة . وما هذه المقالات إلا امتداد منطقى للعلم فى هذه الآونة .

٦٠ قرشاً ج . ع . م .	٦٠٠ فلس فى العراق والأردن	٨٤٠ فرنكاً فى الم
٤٨٠ ق . ل	٦٠٠ فلس فى الكويت	٧,٤ ريالات س
٦٠٠ ق . س	٧٢٠ مليماً فى تونس	١٢ شلنا } ف
٦٠٠ مليم فى ليبيا والسودان	٨٤٠ فرنكاً فى الجزائر	١,٧٢ دولاراً } الا